



**Tielaitos**

Jari Nyman, Esko Ehrola

# **Kevyen liikenteen väylien kuntoluokitusjärjestelmä**

**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**60/1996**

Oulu 1996

**Oulun tiepiiri  
Tiehallinto**

Tielaitoksen selvityksiä  
60/1996

Jari Nyman, Esko Ehrola

## **Kevyen liikenteen väylien kuntoluokitusjärjestelmä**

**Tielaitos**  
Oulun tiepiiri, tiehallinto

Oulu 1996

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-277-9  
TIEL 3200427  
Oy Edita Ab  
Helsinki 1996

Julkaisun kustannus ja myynti:  
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,  
painotuotepalvelut  
Telefaksi 0204 44 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

**Tielaitos**

Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde 0204 44 150

Oulun tiepiiri  
Ratakatu 13  
PL 261  
90101 OULU  
Puh. vaihde 0204 44 158

Jari Nyman, Esko Ehrola. Kevyenliikenteen väylien kuntoluokitusjärjestelmä. Oulu 1996. Tielaitos. Oulun tiepiirin tiehallinto. Tielaitoksen selvityksiä 60/1996, 42 s. + liitt. 20 s., ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-277-9, TIEL 3200427.

Aiheluokka 113, 70

Asiasanat Raitit, tasaisuus, luokitukset

## TIIVISTELMÄ

Tielaitoksella ei ole aikaisemmin ollut pyöriteiden kunnossapidon hallintajärjestelmää, jolloin kunnossapito pyöriteiden osalta ei ole ollut järjestelmällistä. Kunnossapidon ohjausta varten tässä työssä kehitettiin pyöriteille PMS-tyyppinen hallintajärjestelmä.

Kunnossapitojärjestelmä perustuu vaurio- ja tasaisuustiedoille. Vaurioinventointi suoritettiin samaan tapaan kuin yleisillä teillä. Tasaisuuksien mittausta varten kehitettiin tasaisuudenmittauspolkupyörä. Raja-arvojen määrittämiseksi sekä vaurioille ja tasaisuudelle järjestettiin pyöriteiden arvostelupaneeleja, joissa pyöräilijät arvostelivat eri tasoisia pyöriteitä. Arvostelun perusteella löydettiin vaurioille ja tasaisuudelle perustuvat toimenpiderajat ja pyöräilijälle haitallisimmat tärinän aallonpituudet. Vaurioiden toimenpiderajaksi määritettiin 100 m<sup>2</sup>. Mitattaviksi tärinän aallonpituuksiksi saatiin aallonpituusalue 0.17 m - 2.78 m ja toimenpiderajaksi epätasaisuusluku 240 mm/10 m.

Vaurio- ja tasaisuusmittausten perusteella todettiin tutkimuksessa saatujen raja-arvojen mukaan Oulun tiepiirin pyöriteiden kunnan olevan erittäin hyvä. Kuntoluokitukseen kuuluvista pyöriteistä, joita oli 369.8 km, vain 44.1 km eli 11.9 % oli toimenpiderajan ylittäviä.



**Jari Nyman, Esko Ehrola. Kevyenliikenteen väylien kuntoluokitusjärjestelmä.** Oulu 1996. Tielaitos. Oulun tiepiirin tiehallinto. Tielaitoksen selvityksiä 60/1996, 42 s. + liitt. 20 s., ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-277-9, TIEL 3200427.

**Aiheluokka** 113, 70

**Asiasanat** Raitit, tasaisuus, luokitukset

## ABSTRACT

The Finnish Road Administration has not had any kind of a maintenance system of bicycle ways. Therefore, maintenance of the bicycle ways has not been systematic. In order to control maintenance efficiently, the similar management system to PMS-system, which is used for public roads, was researched and developed.

Maintenance system is based on damage and roughness information. The damage inventory was accomplished in the similar way as the inventory of public roads. In order to measure roughness, a new kind of system was needed. Therefore, the equipment, which measured roughness was installed to a bicycle. Estimation panels was arranged to define limit values to damage and roughness, and to find the most severe wavelengths of roughness. In these estimation panels, a number of cyclists estimated different kinds of bicycle ways. Wavelengths were from 0.17 m to 2.78 m were taken into survey. Limit value to damage was set to 100 m<sup>2</sup> and to roughness 240 m / 10 m.

According to damage and roughness mensuration, the condition of the bicycle ways on the district of the road administration of Oulu were excellent. Only 44.1 km of whole bicycle ways of the road district of Oulu ( 369.8 km) needed repairing.

## ALKUSANAT

Pyöräteiden määrä ja merkitys tienpidossa on kasvanut nykyisellään siihen mittaan Suomessa, että niiden ylläpidon rationaaliseen hoitamiseen tarvitaan jonkin asteista systemaattista hallintajärjestelmää. Tällaisia ylläpidon hallintajärjestelmiä on käytössä yleisten teiden osalla jo monella tasolla.

Tieverkolla käytössä olevat hallintajärjestelmät ja kunnossapitotoimenpiteet eivät sovellu sellaisenaan kevyen liikenteen väylien ylläpidon hoitamiseen. Itse hallintajärjestelmän systematiikka voi olla periaatteessa samankaltainen väylästä riippumatta. Sen sijaan sisään rakennettu tiedosto, ohjausjärjestelmä ja toimenpiteet ovat kytkennässä voimakkaasti väylätyyppiin ja liikennemuotoon.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty kevyen liikenteen väylien PMS-järjestelmien perusteita ja periaatteita. Sovelluksena on laadittu kuntoluokitus Oulun tiepiirin kevyen liikenteen väylästäölle.

Tutkimus on tehty tielaitoksen Oulun piirin toimeksiannosta. Työ on toteutettu Oulun yliopiston rakentamistekniikan osastolla tehtynä diplomityönä. Diplomityön on tehnyt tekn. yo. Jari Nyman. Työn ohjauksesta ja valvonnasta on vastannut Oulun tiepiirin puolelta ins. Esko Laitinen ja Oulun yliopiston rakentamistekniikan osaston puolelta prof. Esko Ehrola. Käsilläoleva raportti on laadittu valmistuneen diplomityöselvityksen pohjalta.

Oulussa syyskuussa 1996

Esko Ehrola

## Sisältö

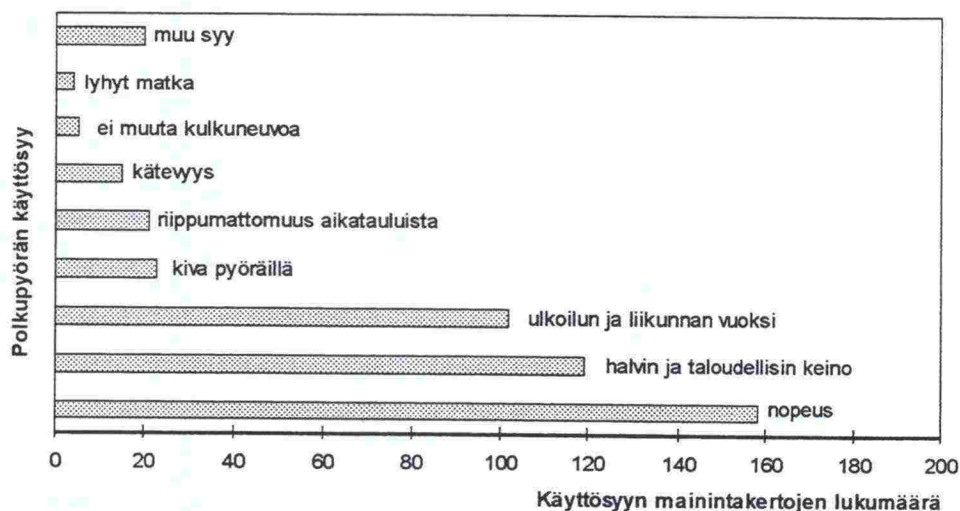
1	JOHDANTO	7
1.1	Pyöräily Suomessa	7
1.2	Tutkimuksen tarkoitus	8
2	KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLIEN KUNTOLUOKITUS	11
2.1	Kuntoluokituksen laatimisen periaatteet	11
2.2	Kuntotietojen mittausmenetelmät	11
2.2.1	Vaurioinventointi	11
2.2.2	Tasaisuuden mittaus	13
2.3	Paneelitutkimus	17
2.3.1	Paneelitutkimuksen periaate	17
2.3.2	Testiosuudet	18
2.3.3	Ajopaneelien toteutus ja tulokset	18
2.3.4	Testiosuuksien kunto	19
2.3.5	Pyöräilijälle haitallisimpien tärinän aaltoalueiden määrittäminen	21
2.4	Paneelitutkimuksen tulokset	26
2.4.1	Testiosuuksien ajopaneelin tulosten ja kuntotietojen yhdistäminen	26
2.4.2	Rakenteellisen palvelutason raja-arvo	26
2.4.3	Vaurioitumisen raja-arvot ja kuntoluokitus	27
2.4.4	Tasaisuuden raja-arvot ja kuntoluokitus	28
3	OULUN TIEPIIRIN KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLÄSTÖN KUNTOLUOKITUS	31
3.1	Kuntoluokituksen periaatteet	31
3.2	Vaurioinventointi	32
3.2.1	Inventoinnin toteuttaminen	32
3.2.2	Vauriotilanne	32
3.3	Tasaisuusmittaukset	35
3.3.1	Mittausten toteuttaminen	35
3.3.2	Tasaisuustilanne	36
3.4	Kuntoluokituksen tulokset	37
4	YHTEENVETO	39
5	KIRJALLISUUSLUETTELO	41
6	LIITTEET	42

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Pyöräily Suomessa

Vuonna 1993 Suomessa oli 3 240 000 polkupyörää eli kolme neljästä 5-69 vuotiaasta suomalaisesta omistaa polkupyörän. Pyöriä myydään vuosittain 250-300 000 kappaletta, joista vuonna 1992 oli 84 % vaihdepyöriä ja 34 % maastopyöriä. Vuonna 1986 henkilöliikennetutkimuksen mukaan pyöräilyn ajosuorite oli keskimäärin 630 km pyöräilijää kohden vuodessa ja matkan keskipituus 3.14 km. Pyöräilyn osuus kaikista matkoista oli 12.3 % ja kesäaikana 17.3 %. Koska pyörällä tehdyt matkat ovat suhteellisen lyhyitä, on pyöräilysuoritteiden osuus koko henkilöliikennesuoritteesta vain 3 % ja työmatkasuoritteesta 3.6 %. Pyörämatkojen osuus matkoihin käytetystä ajasta on 9 % (Liikenneministeriö, 1993b).

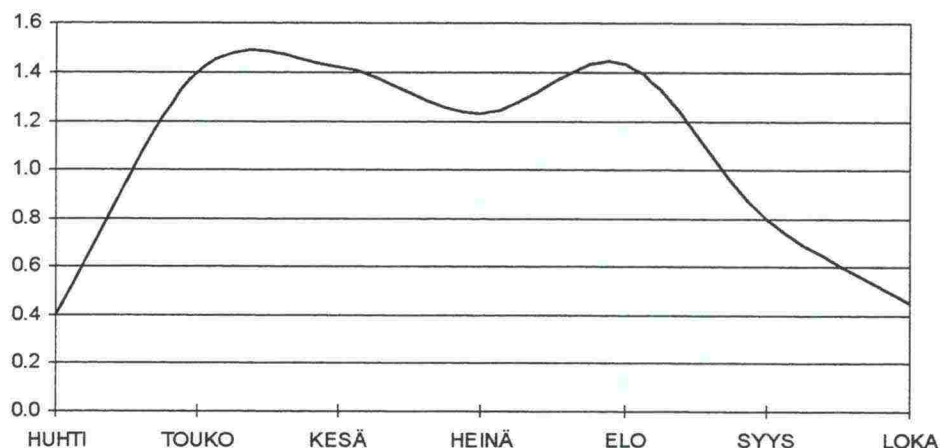
Pyöräily on erittäin kilpailukykyinen kulkumuoto lyhyillä matkoilla nopeutensa ja joustavuutensa tähden. Nopeus onkin suurin syy polkupyörän käyttöön (kuva 1). Pyörällä tehtyjen koulu- ja työmatkojen pituus vaihtelee keskimäärin 1.5 - 6 kilometriin. Lapset pyöräilevät alle 1.5 km päästä kotoaan. Oulussa tehdyn liikennetutkimuksen mukaan polkupyöräilijöiden päivittäinen keskimääräinen ajomatka oli 10.5 km (Oulun seudun liikennetutkimus 1990). Polkupyörää käytetään eniten koulumatkoihin, joista tehdään 20 % polkupyörällä. Matkoista elintarvikeliikkeisiin pyöräillään 15 %, työmatkoista 13 % ja huvimatkoista 12 % (Liikenneministeriö, 1993a).



Kuva 1. Haastateltavien mainitsema polkupyörän käyttösyyn Lahdessa v.1980 (Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus, 1982).

Suomessa on pitkän talven takia pyöräilyssä voimakas kausivaihtelu, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Helsingissä pyöräilyn määrä kasvaa heti huhtikuun alusta lähtien ja pyöräilyn käyttö on runsasta koko kesän ajan. Elokuun lopun jälkeen pyöräilyn määrä vähenee voimakkaasti. Talvipyöräily on runsainta Pohjois-Suomessa, mikä osoittaa, ettei pyöräily ole ainoastaan kesäajan liikumismuoto. Kaupungeissa, joissa pyöräilyolosuhteet ovat keskimääräistä paremmat ja pyöräily runsasta kesäaikaan, ovat pyöräilyn kausivaihtelut vähäisimpiä (Liikenneministeriö, 1993a).





Kuva 2. Pyöräliikenteen keskimääräinen kausivaihtelu Helsingissä ajalla 5.4. - 31.10. 1985 (Naskila, A. 1985).

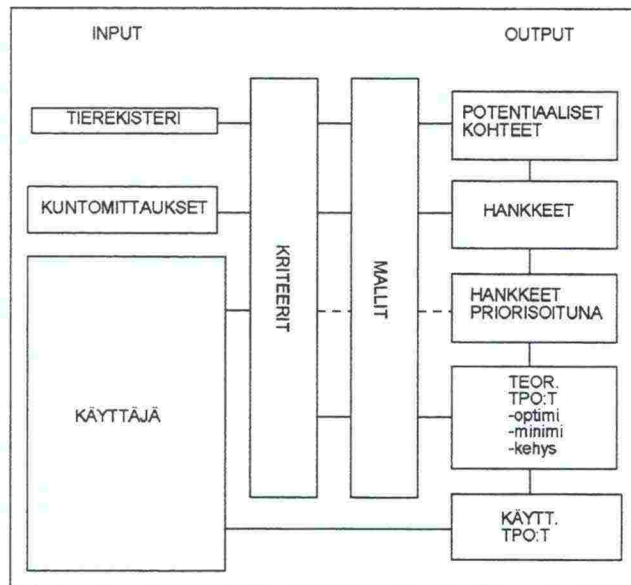
Pyöräonnettomuuksista noin neljännes aiheutuu liikenneympäristön fyysisistä tekijöistä kuten pyöräteiden epätasaisuudesta, esteistä tai irtohiekasta asfaltilla. Näitä onnettomuuksia voidaan vähentää kunnossa- ja puhtaanapitoa tehostamalla. Yksi tehokkaimmista keinoista vähentää polkupyöräilijöiden liikennekuolemia on pyöräilykypärän käytön tehostaminen. Tutkimusten mukaan noin 40 - 50 % pyöräilijöiden liikennekuolemista voitaisiin välttää, jos kaikki pyöräilijät käyttäisivät kypärää. Vuonna 1992 kypärän käyttöaste vaihteli lääneittäin 1 - 11 % (Liikenneministeriö, 1993a).

Pyöräteitä Suomessa on yleisillä teillä noin 3 425 km (1.1.1995) ja kaduilla noin 4 000 km. Yleisten teiden ja katualueiden ulkopuoliset pyörätiet ja ulkoilutiet mukaan luettuna pyörätieverkon pituus on noin 9 500 km (Liikenneministeriö, 1993b). Oulun tiepiirin alueella yleisten teiden varsilla olevia pyöräteitä on 406 km (Tielaitos 1995b). Määrä on noin 12 % Suomen yleisten teiden varsilla olevista pyöräteistä. Tielaitoksen tiepiireistä Oulun tiepiirillä on kolmanneksi eniten pyöräteitä. Edellä ovat vain Uudenmaan (547 km) ja Turun (485 km) tiepiirit (Tielaitos 1995a).

## 1.2 Tutkimuksen tarkoitus

Pyöräteiden määrä ja merkitys tiepidossa on kasvanut nykyisellään siihen mittaan Suomessa, että niiden ylläpidon rationaaliseen hoitamiseen tarvitaan jonkin asteista systemaattista hallintajärjestelmää. Tällaisia ylläpidon hallintajärjestelmiä on käytössä yleisten teiden osalla jo monella tasolla. Kevyen liikenteen väyliltä nämä puuttuvat kokonaan.

Tielaitoksen päällystettyjen teiden ylläpitojärjestelmän (PMS: Pavement Management System) toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3. Järjestelmä perustuu tierekisterin ja kuntotietorekisterin (KURRE) tietoihin.



Kuva 3. Toimintakaavio PMS-TVH/LTOY (Westlin, H. 1987).

Tierekisterissä on teiden onnettomuus- ja kantavuustiedot, tierekisterimittaukset ja liikennetutkimusten tulokset. Kuntotietorekisteri sisältää kuntomittauksia, joita ovat päällystevauriot, tasaisuusmittaukset ja uramittaukset. Mittaus- ja tierekisteritietojen avulla ennustetaan se ajankohta, jolloin päällysteen vaurioituminen ylittää asetetut standardit. Tämä on se ajankohta, jolloin korjaustoimenpide pyritään tekemään. Korjauskohteiden tärkeysjärjestys määräytyy KVL:n ja tien toiminnallisen luokan perusteella. Järjestelmän avulla saatuun toimenpideohjelmaan vaikuttaa kunnostustoimenpiteisiin suunnatun rahoituksen määrä. Jos rahoitus ei ole riittävä on toimenpideohjelmaa karsittava vähemmän tärkeiden teiden osalta (Westlin, H. 1987).

Tieverkolla käytössä olevat hallintajärjestelmät ja kunnossapitotoimenpiteet eivät sovellu sellaisenaan kevyen liikenteen väylien ylläpidon hoitamiseen. Itse hallintajärjestelmän systematiikka voi olla periaatteessa samankaltainen väylästä riippumatta. Sen sijaan sisään rakennettu tiedosto, ohjausjärjestelmä ja toimenpiteet ovat kytkennässä voimakkaasti väylätyyppiin ja liikennemuotoon. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tällaista perustietoa kevyen liikenteen väylien osalta.

Tutkimuksen tavoitteet voidaan jakaa kahteen osaan. Ensiksi pyritään selvittämään perustietoa kevyen liikenteen väylien PMS-järjestelmän rakentamiseen. Tällaista PMS-järjestelmän tarvitsemaa perustietoa on ensinnäkin se, että minkälainen rakenteellinen palvelutaso kevyen liikenteen väylille tarvitaan. Toisin sanoen missä kunnossa kevyen liikenteen väylät on pidettävä. Tämän tiedon pohjalta muodostettava kuntoluokitus ja kunnostamiskriteerit ovat perusta väylien kunnossapidon suunnittelulle ja ohjelmoinnille. Rakenteellisen palvelutason vaatimuksia pyritään tässä tutkimuksessa selvittämään kevyen liikenteen väylien käyttäjiin kohdistetulla paneelitutkimuksella. Paneelitutkimuksella pyritään etsimään yhteyttä väylän käyttäjän kuntoarvion ja väylän mitatun kunnon välillä.

Toinen PMS-järjestelmään tarvittava perustieto on kevyen liikenteen väylästä kunto ja vauriotilanne. Tässä suhteessa tutkimus rajoittuu edellä kerrotun Oulun tiepiirin noin 400 km mittaisen kevyen liikenteen väylästä inventointiin. Tämän väylästä kunto ja vauriot inventoidaan tässä tutkimuksessa kokonaisuudessaan.



## 2 KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLIEN KUNTOLUOKITUS

### 2.1 Kuntoluokituksen laatimisen periaatteet

Pyöräilijän arvio pyörätien päällysteen kunnosta muodostuu kahdesta päätekijästä, vaurioista ja tasaisuudesta. Vaurioiden määrä ilmentää pyörätien rakenteellista kuntotasoa ja vaikuttaa pyöräilijän ajotuntemukseen. Pyörätien vauriot, kuten leveät pituushalkeamat vaikuttavat myös turvallisuuteen. Pyöräteiden epätasaisuus välittyy pyöräilijöille istuimen, ohjaussarven ja polkimien kautta haitallisena tärinänä.

Näihin pyöräilijän ajotuntemuksiin pohjautuvat pyöräteiden rakenteellisen palvelutason luokituksen perusteet. Pyöräteiden kuntoluokitus rakentuu vastaavasti pyöräilijöiden ajotuntemuksen mukaisen kuntoarvion ja väylän todellisen kunnan väliseen yhteyteen. Tätä yhteyttä selvitetään tässä tutkimuksessa kuntotasoltaan vaihtelevien pyöräteiden testiosuuksien avulla. Testiosuuksien kunto selvitetään vaurioinventoinnilla ja tasaisuusmittauksilla. Pyöräilijöiden kuntoarvio tutkitaan puolestaan testiosuuksiin kohdennetulla paneelitutkimuksella. Paneelitutkimuksessa pyöräilijöiden muodostama testiryhmä arvioi omaan ajokokemukseensa perustuen testiosuuksien kuntotason ja kunnan hyväksyttävyyden. Paneelitutkimuksen kuntoarviointien ja testiosuuksien kuntomittausten perusteella pyritään löytämään yhteys pyöräteiden vaurioiden, tasaisuuden ja kuntoarvion välille.

### 2.2 Kuntotietojen mittausmenetelmät

#### 2.2.1 Vaurioinventointi

Vaurioiden kokonaismäärää kuvataan käsitteellä vauriosumma. Vauriosumman voidaan ajatella kuvaavan kuinka monta neliötä päällysteestä on vaurioitunut 100 metrin matkalla. Maksimiarvo on tällöin 300, leveyden ollessa 3 metriä. Vauriosummaa laskettaessa eri vaurioille annetaan painokertoimet niiden haitta-asteen mukaisesti. Kerroimina käytetään samoja arvoja kuin yleisten teiden vaurioinventoinnissa. Lisänä tässä työssä yleisten teiden vaurioinventointiin verrattuna huomioidaan myös hiusmainen pituushalkeama. Poikkihalkeamien kertoimia pienennetään, koska yleisten teiden oletusleveys on 5 metriä ja kevyen liikenteen väylien leveys on tavallisesti 3 metriä. Vauriosummaa laskettaessa käytetään seuraavia kertoimia:

• pakkaskatko	0.25*kpl
• kapea poikkihalkeama	1.50*kpl
• leveä poikkihalkeama	3.00*kpl
• hiusmainen pituushalkeama	0.25*m
• kapea pituushalkeama	0.50*m
• leveä pituushalkeama	1.00*m
• verkkohalkeama	1.00*m <sup>2</sup>
• reikä	1.00*m <sup>2</sup>



Kevyen liikenteen väylien vaurioituminen eroaa huomattavasti yleisten teiden vauriokehityksestä. Perussyynä tähän on tietysti se, että kevyen liikenteen väylien liikennekuormitus rajoittuu vain kunnossapitokoneiden kuormitukseen. Tällöin suurin osa kevyen liikenteen väylien vaurioista on erilaisia routavaurioita. Routavaurioiden määrä kevyen liikenteen väylillä korostuu vielä sen vuoksi että, näiden väylien rakenteet ovat ohuita verrattuna ajoneuvoväylien rakenteisiin.

Kevyen liikenteen väylien luonteesta ja vaurioitumisen eroavuuksista johtuen yleisten teiden vaurioinventointitekniikka ei sovellu aivan sellaisenaan kevyen liikenteen väylien vaurioiden inventointiin. Käsillä olevan tutkimuksen inventointeja varten tarkistettiin yleisten teiden inventointiohje (Tielaitos 1992) kevyen liikenteen väylien tarpeiden mukaiseksi. Tarkistettu vaurioinventointiohje on esitetty liitteessä 1: Kevyen liikenteen väylien vaurioinventointiohje. Vaurioinventointiin kehitetty lomake on liitteellä 2.

Kevyen liikenteen väylien vaurioinventointiohjeessa on purkaumat ja päällystesaumat jätetty pois. Päällysteen kiviaineksen lajittumista tapahtuu myös päällystettäessä kevyen liikenteen väyliä, mutta purkaumista aiheutuvia reikiä ei synny nopeasti, koska nastarenkaiden aiheuttamaa kulutusta ei ole. Tämän vuoksi purkaumat jätettiin inventoimatta. Pitkittäisiä päällystesaumoja ei yleensä ole kevyen liikenteen väylillä, johtuen koko väylän päällystämisestä yhdellä kerralla.

Muutoksia tehtiin myös raja-arvoihin, joilla halkeamat jaotellaan leveytensä puolesta eri ryhmiin. Pituushalkeamissa leveän halkeaman alaraja laskettiin 1.5 cm:iin, johtuen turvallisuuskäytännöistä, ei niinkään vaurion haitasta väylän rakenteelle. Kilpapyörissä käytettävien hyvin kapeiden renkaiden vuoksi aikaisempaa 2 cm rajaa pidettiin liian leveänä, sillä kilpapyörän rengas uppoaa halkeamaan helposti aiheuttaen jopa vakavan loukkaantumisvaaran.

Yleisten teiden vaurioinventoinnissa inventoidaan vain reunaviivojen välinen alue tai reunaviivojen puuttuessa jätetään päällysteen reunasta inventoimatta 20 cm levyiset kaistaleet. Kevyen liikenteen väylillä voidaan olettaa kävelijöiden käyttävän jonkin verran myös reuna-alueita, joten inventointileveydeksi asetettiin aluksi väylän koko leveys ja reunavaurioille laadittiin lomakkeelle oma sarakkeensa. Reunavaurio mitattiin pituusmetreinä. Kuitenkin inventoinnin alussa todettiin vanhempien väylien reunoilla käytännössä lähes jatkuva reunavaurio. Päällysteen reunasta n. 10 cm kaistale oli halkeillut tai murtunut. Tämän todettiin hidastavan inventointia kohtuuttomasti. Myöskään kävelijöiden ei voi olettaa käyttävän reuna-alueita jatkuvasti, joten päätettiin jättää inventoimatta väylien reunoilta 10 cm kaistaleet.

Inventointilomakkeen "reikä"-sarakeeseen inventointiin kaikki muut vauriot, jotka päästävät vettä rakenteeseen, paitsi halkeamat. Tällaisia vaurioita aiheuttavat pääasiassa kunnossapitokoneet, mutta myöskin vialliset betonirenkaista tehdyt rummut, jotka päästävät rakenteissa olevaa maa-ainesta purkautumaan rikkiäisistä saumoista. Reikiä voivat aiheuttaa myöskin rakennekerroksista nousevat kivet, jotka ovat hiukan yleisempiä kuin yleisillä teillä, johtuen ohuemmista rakennekerroksista. Alunperin kunnossapitokoneiden ja kivien aiheuttamilla rei'illä oli omat sarakkeensa lomakkeella, mutta inventoinnin edetessä nämä yhdistettiin "reikä"-sarakeeseen. Kivien aiheut-

tamat reiät ovat kuitenkin harvinaisia ja kunnossapitokoneiden rikottua päällysteen kiven kohdalta on mahdoton sanoa vaurion alkuperäistä aiheuttajaa.

Lisäksi on syytä huomata, että talvella auraamisesta johtuvat lukuiset naarmut jäävät inventoinnin ulkopuolelle. Naarmut eivät vahingoita väylän rakennetta, mutta haittaavat väylän käyttäjää. Naarmut ovat näköhaitta ja lisäksi ne aiheuttavat pientä tärinää pyöräilijöille ja haittaavat huomattavasti rullaluistelijoita, koska luistimien pienet pyörät eivät tasoi ta naarmuista aiheutuvaa pientä epätasaisuutta.

## 2.2.2 Tasaisuuden mittaus

### 2.2.2.1 Tasaisuuden merkitys ja mittauksen periaatteet

Liikenneväylän epätasaisuus aiheuttaa väylällä liikkuvaan ajoneuvoon ja sitä kautta ajoneuvossa oleviin ihmisiin erilaista värähtelyä, jonka ihminen kokee haitallisena ja epämiellyttävänä. Epämiellyttävyyden tunne ja sietokyvyn raja riippuvat värähtelyn voimakkuudesta (kiihtyvyydestä), suunnasta, taajuudesta, amplitudista ja kestosta. Värähtelyn suunnan suhteen ihminen on herkin pystysuuntaiselle värähtelylle. Taajuusalue 4 - 8 Hz on todettu tutkimuksissa olevan ihmisille haitallisin (ISO 2631). Taulukossa 1 on esitetty tärinästä (1 - 20 Hz) ihmiselle aiheutuvia oireita.

*Taulukko 1. Tärinän eri taajuuksien aiheuttamat oireet ihmisille. Annetut taajuusalueet ovat taajuuksia, joilla oireet ovat vallitsevimmat (Rasmussen, G. 1982).*

Oireet	Taajuus (Hz)
Yleinen epämukavuuden tunne	4 - 9
Selkäkivut	5 - 7
Hengityksen vaikeutuminen	4 - 8
Vatsakivut	4 - 10
Oireet alaleuassa	6 - 8
"Pala kurkussa"-tunne	12 - 16
Vaikutus puheeseen	13 - 20

Käytännössä värähtelyn kiihtyvyydestä ja vaihtelualue, jonka kohteeksi ajoneuvossa oleva joutuu, riippuvat sekä ajoradan epätasaisuuden suuruudesta (amplitudista) ja aallonpituudesta että käytetystä nopeudesta ja ajoneuvon tyypistä ja ominaisuuksista. Epätasaisuuden hyväksyttävään tasoon vaikuttaa edelläolevien lisäksi matkan pituus. Lyhyillä matkoilla siedetään suurempaa epätasaisuutta kuin pitkillä.

Edellä kerrotusta voidaan vetää muutamia johtopäätöksiä tasaisuuden mittauksen periaatteista. Ensinnäkin väylän tasaisuuden mittauksessa tulisi pyrkiä saamaan esille väylän käyttäjiin kohdistuvan epätasaisuuden aiheuttaman tärinän taajuus. Toiseksi väylän epätasaisuuksien merkitys ja vaikutukset riippuvat voimakkaasti ajoneuvotyypistä. Näin ollen kevyen liikenteen väylien (pyöräteiden) epätasaisuuden inventoinnissa olisi mitattava pyörään ja pyöräilijään kohdistuvia epätasaisuuksia. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kevyen liikenteen väylien tasaisuudet on mitattava polkupyö-



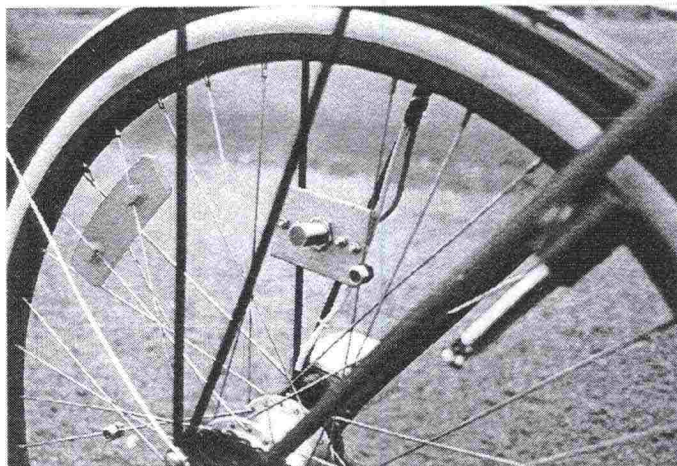
rään asennettujen mittalaitteiden avulla. Tällaisen mittauslaitteiston kehittäminen on yksi tämän tutkimuksen kehityskohteita.

### 2.2.2.1 Mittauskalusto

Mittauspyöräksi valittiin tavallinen miesten polkupyörä (kuva 4). Väylän pituussuuntaisen epätasaisuuden mittaamista varten varustettiin pyörä spektrianalysaattorilla ja kiihtyvyysanturilla. Spektrianalysaattori asennettiin pyörän ohjaustankoon ja kiihtyvyysanturi takapyörän keskiöön. Lisäksi matkamittausta varten asennettiin tavaratelineelle induktiivinen anturi, jolle takapyörän pinnoihin asennetut mutterit (3 kpl) antavat impulssin (kuva 5). Tavaratelineelle asennettiin myös akkuteline, josta laitteisto sai tarvitsemansa virran.



Kuva 4. Tasaisuuden mittauspolkupyörä.



Kuva 5. Kiihtyvyysanturi, nopeus- ja matkasignaalin antava induktiivinen anturi ja pyörän pinnaan kiinnitetty mutteri.

Tasaisuus mitataan polkupyörän takarenkaan keskiöön sijoitetulla pietsosähköisellä kiihtyvyysanturilla, jonka antama varaussignaali integroidaan kiihtyvyydeksi ja edelleen nopeussignaalksi. Täysin tasaisella tiealustalla pystynopeus on pyörän ete-

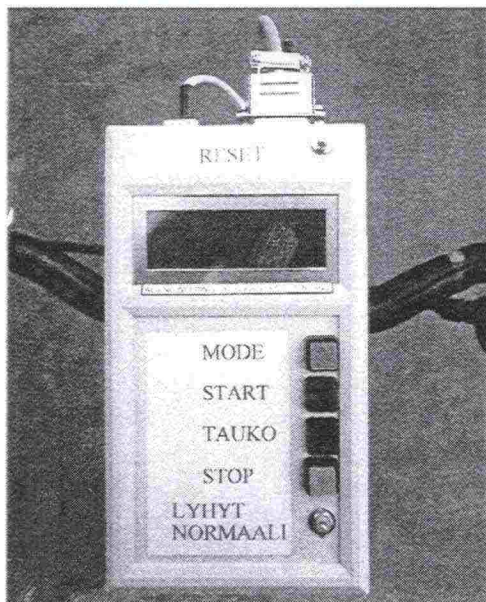
nemisen aikana nolla. Epätasainen tie tuottaa pyörän keskiölle pystyliikkeen, jonka amplitudi määräytyy sekä tienpinnan pystyamplitudin että etenemissuuntaisen aallonpituuden mukaan. Epätasaisuuden aallonpituus määrää pyörän nopeuden perusteella vastaavan taajuuden (CCD-Fotoniikka Oy 1995).

Pyörän ohjaussarven keskelle asennettu tien tasaisuuden analysaattori (spektri-analysaattori, kuva 6) on tarkoitettu tien tasaisuuden aallonpituusjakauman analysointiin. Spektrianalysaattorin mittaussignaalina käytetään kiihtyvyyssanturin tuottamaa pyörän keskiön pystynopeutta. Laitteen ohjelmisto sisältää 12 digitaalista suodatinta, jotka jakavat anturin pystynopeuden taajuussisältönsä puolesta eri aallonpituuksille. Mitatut aallonpituudet (metreinä) ovat seuraavat: 7.85, 5.55, 3.92, 2.78, 1.96, 1.39, 0.98, 0.69, 0.49, 0.35, 0.25, 0.17. Laite tulostaa kiihtyvyyssanturin pystyliikkeen summan aaltoalueittain (mm / 10 m tai mm / 100 m). Laskennassa kiihtyvyyssanturin kokoonpuristuminen ja laajeneminen summataan positiivisena lukuna (CCD-Fotoniikka Oy 1995).

Mittausajon aikana aallonpituudet on sijoitettu näyttöön seuraavan kaavion mukaisesti :

..1	..4	..7	..10
..2	..5	..8	..11
..3	..6	..9	..12
020 km/h	52160m	XXXX	

Alarivillä näkyy edellisen 5 sekunnin aikana vallinnut nopeus, ajettu matka metreinä ja autolla mitattaessa IRI80-arvo viimeiselle 100 metrille. Pyörällä mitattaessa IRI-arvoa ei näytetä vaan ruudussa on jatkuvasti "XXXX". Suodatinkaistojen arvot voidaan esittää tarvittaessa 4 numerolla, maksimiarvo noin 5 000 mm / 100 m (CCD-Fotoniikka Oy 1995). Esimerkki spektrianalysaattorin tulostamasta tiedostosta on esitetty liitteellä 3.



Kuva 6. Spektrianalysaattori



### 2.2.2.2 Polkupyörän testaus ja kalibrointi

Jotta mittauspyörän ja kaluston toiminnasta saataisiin varmuus ennen varsinaisten tasaisuusmittausten aloittamista, testattiin toimintaa mahdollisten mittaustuloksiin vaikuttavien tekijöiden suhteen. Tällaisia tekijöitä olivat pyörän renkaiden ilmanpaineet ja pyöräilijän paino sekä mittausten toistettavuus.

Ilmanpaine renkaassa ja ajajan paino vaikuttavat pyörän matkamittaukseen ja kiihtyvyyssanturin toimintaan. Mitä kevyempi ajaja ja suurempi renkaiden ilmanpaine, sitä vähemmän rengas painuu kasaan. Muutettaessa pyörän renkaiden ilmanpainetta joudutaan matkakalibrointi myös uusimaan, koska pyörän ulkokehän pituus tällöin muuttuu. Renkaiden ilmanpaineiden vaikutusta tasaisuusmittaukseen testattiin mitaamalla saman väyläosuuden tasaisuus sekä täysillä että tyhjillä renkailla. Lähes tyhjällä renkaalla todettiin lyhimmän aallonpituuden epätasaisuuden pienenevän 77 % verrattuna täydellä renkaalla saatuihin arvoihin. Tämä johtui siitä, että tyhjä rengas ei seuraa teräviä epätasaisuuksia niin hyvin kuin täysi rengas. Renkaiden ilmanpaineiden kontrolloimiseksi hankittiin pyörään lisävarusteeksi pumppu, jolla voidaan tarkistaa renkaiden ilmanpaineet. Myöhemmin renkaan vaihdon ja paikkauksen yhteydessä voidaan paine renkaassa asettaa 50 PSI:iin (344.5 kPa).

Pyöräilijän painon vaikutusta tasaisuusmittauksen tuloksiin tutkittiin 1 000 m pituisella testiosuudella, jonka tasaisuuden testihenkilöt mittasivat samaa ajolinjaa (väylän reunaviiva) noudattaen. Testihenkilöiden painot olivat 67 kg ja 97 kg. Mittaustulokset ovat aallonpituusalueittain taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Tasaisuusmittauksen tulokset eri painoisilla pyöräilijöillä

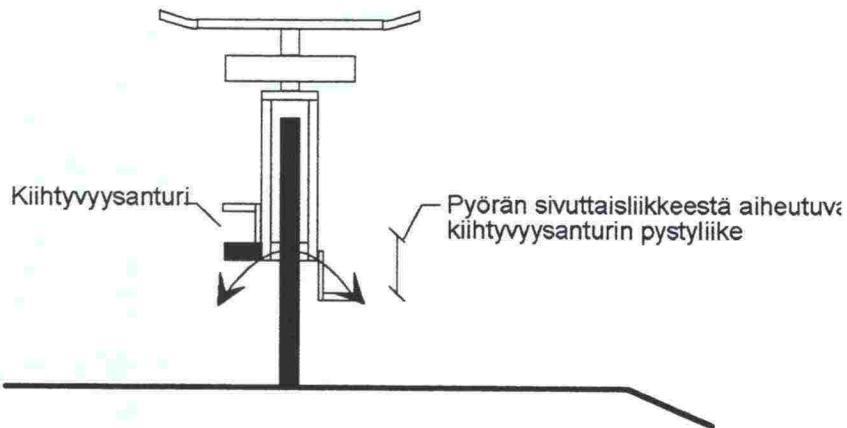
Aallonpituus (m)	2.78	1.96	1.39	0.98	0.69	0.49	0.35	0.25	0.17	Summa
mm/940m (67 kg)	609	1372	1129	886	1396	1348	1563	1304	379	9984
mm/940 (97 kg)	757	1688	931	852	1265	1165	1361	1059	320	9400
Ero mm/940 (67-97 kg)	-148	-316	198	34	131	183	202	245	59	584
Ero % (67 kg/Ero)*100	-24	-23	18	4	9	14	13	19	15	5.8

Mittaustuloksista voidaan havaita, että kevyen pyöräilijän saama epätasaisuuden summa on jonkin verran (5 %) suurempi kuin raskaalla pyöräilijällä. Ero on absoluuttisena arvona 6.2 mm / 10 m. Toisaalta raskas pyöräilijä saa kahdella pisimmällä aallonpituudella epätasaisemmat tulokset kuin kevyempi pyöräilijä. Yhtenä syynä tähän on pyörän takarenkaan resonanssitaajuuksien siirtyminen pidemmille aallonpituuksille pyöräilijän painon kasvaessa.

Mittausten toistettavuutta testattiin mitaamalla samaa testiosuutta useaan kertaan. Eri mittauskertojen välisten tulosten ero oli kevyemmällä pyöräilijällä 456 mm / 940 m (4.8 mm / 10 m) ja painavammalla 216 mm / 940 mm (2.2 mm / 10 m). Virhe aiheutuu hiukan eri ajolinjoista ja ajonopeuksien erilaisuudesta. Ajajien painoerosta aiheutuva virhe oli suurempi kuin eri ajolinjoista aiheutuva virhe.

Spektrianalysaattorin matkamittarin kalibroinnissa painavammalla pyöräilijällä saatiin keskimäärin matkamittariin 2 792 sykäystä, kun taas kevyemmällä pyöräilijällä keskimäärin 2 784 sykäystä. Pyörän pinnoissa oleva mutteri antaa 2 sykäystä induktiiviselle anturille ohittaessaan sen. Tällöin kahden mutterin välinen matkaero on 0.716 m (painavampi) ja 0.718 m (kevyempi). Matkaeron 8 sykäyksen ero on 2.9 metriä. Toisaalta samanpainoisilla pyöräilijöillä matkan kalibroinnissa oli 4 sykäyksen (1.4 m) hajonta eri mittauskerroilla. Hajonta johtuu hiukan erilaisista ajolinjoista. Matkamittauksessa 30 kg painoerosta johtuva virhe jää 5 % tarkkuusvaatimuksen alle.

Kiihtyvyyssanturin toimintaan vaikuttaa virheitä aiheuttavasti polkupyörän sivuttaisliike (kuva 7). Sivuttaisliikettä syntyy normaalistikin pyöräiltäessä, mutta erityisesti pyöräiltäessä jyrkkää mäkeä ylöspäin seisaallaan. Kokeiltaessa pyörällä ajoa pyörää sivusuunnassa heiluttaen todettiin spektrianalysaattorin mittaaman nopeuden laskevan huomattavasti verrattuna eturenkaasta saatuun lisämittarin nopeuteen. Tällöin mittaustulokset eivät ole oikeita. Nopeusmittauksessa syntyvä virhe johtuu takarenkaan pyörän pinnoissa olevien muttereiden liikkumisesta liian kauaksi magneettianturista. Sivuttaisliike on mahdollista, koska pyörän pinnat eivät ole tarpeeksi jäykkiä ja mahdollistavat renkaan liikkumisen sivusuunnassa pyörää heilutettaessa. Tämän vuoksi tasaisuusmittauksen aikana pyörällä ei voida ajaa seisaaltaan mäkiä ylös.



Kuva 7. Pyörän sivuttaisliikkeestä aiheutuva kiihtyvyyssanturin pystyliike.

## 2.3 Paneelitutkimus

### 2.3.1 Paneelitutkimuksen periaate

Ajopaneelien avulla tutkitaan yhteyttä pyöräilijän kuntoarvion ja väylän mitatun kuntoarvon välillä. Paneeliin osallistuvat luokittelevat testiosuudet 5 luokkaan erittäin huonosta erittäin hyvään. Lisäksi testiosuudet arvioidaan kuntotasoltaan hyväksyttäviin ja hylättäviin. Paneelissa olleiden testiosuuksien vauriot ja tasaisuudet mitataan. Arviointitulosten ja mittauksen välistä yhteyttä selvitetään kuntotasopisteiden ja vauriosumman/tasaisuuden välisen riippuvuuden perusteella. Lisäksi arviointitulosten perusteella pyritään löytämään pyöräilijälle haitallisimpia epätasaisuuden aallonpituuksia tilastokäsittelyn avulla.



### 2.3.2 Testiosuudet

Ajopaneeli pyrittiin suorittamaan sellaisella väylällä, jossa oli erittäin huonoja ja hyviä osuuksia. Ajopaneeli päätettiin järjestää Kello - Haukipudas välisellä pyörätiellä ja Oulun keskusta - Maikkula välisellä pyörätiellä (Oulun kaupunki 1993). Ajopaneelin suoritusaikana väylien pinta oli kuiva, jotta kaikki pinnan vauriot olivat selvästi näkyvillä.

Arvosteltava väylä oli jaettu tasaisuudeltaan ja vaurioiltaan tasalaatuisiin osuuksiin. Osuuksien alku- ja loppupiste oli maalattu tien pintaan. Arvosteltavien osuuksien välissä oli lyhyt osuus arvostelematonta väylää, jossa pysähdyttiin, arvosteltiin edellinen osuus lomakkeelle ja kiihdytettiin nopeus normaaliin nopeuteen ennen seuraavaa arvosteltavaa osuutta. Yhteensä arvosteltavia osuuksia oli 28, 15 Haukiputaalla ja 13 Oulussa. Osuudet olivat 60 - 300 metrin pituisia ja reittien kokonaispituudet olivat yli 5 km. Alustavien tuloksien perusteella todettiin Haukiputaan ja Oulun arvosteluosuuksien olevan kuitenkin tasaisuudeltaan ja vaurioiltaan niin erilaisia, ettei ajopaneelien tuloksia voitu yhdistää. Tällöin arvosteltujen testiosuuksien määrä jäi liian vähäiseksi ja tulokset olivat epäluotettavia. Näinollen paneelien tuloksia ei voitu käyttää tutkimuksessa. Tämän vuoksi myöhemmin kesällä järjestettiin Haukiputaalla uusi ajopaneeli, jossa arvosteltiin 10 km pitkän reitin varrella sijainneet testiosuudet. Osuuksia oli aikaisempiin paneeleihin verrattuna lisätty ja testiosuuksien määrä oli yhteensä 34 kpl. Testiosuuksien pituus vaihteli 60 m - 300 m välillä.

### 2.3.3 Ajopaneelien toteutus ja tulokset

Ensimmäiset ajopaneelit suoritettiin huhtikuun lopulla, jolloin roudan aiheuttamat vauriot olivat pahimmillaan. Haukiputaan arvostelupaneelin suoritti 60 Haukiputaan lukion toisen luokan oppilasta. Oulun testiosuudet kävi arvostelemassa yhteensä 30 henkeä tielaitokselta ja yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriosta. Myöhemmin kesällä Haukiputaalla suoritettua ajopaneelin arvosteli tutkimuksesta kiinnostuneet 10 päivittäin pyöräilevää henkilöä.

Paneelin aluksi järjestettiin aloituskokous, jossa kaikille paneeliin osallistuneille kerrottiin tutkimuksen taustasta ja tavoitteista. Liitteessä 4 oleva paneelin suoritusohje käytiin suullisesti läpi ja tärkeimpiä asioita painotettiin osallistujille. Testiosuuksien arvosteluun ei saanut vaikuttaa mikään muu kuin pyörätien pinnan kunto. Tällöin arvostelun ulkopuolelle jäivät märkyys, mutkaisuus ja maisemat. Kokouksen jälkeen paneeliin osallistuvat pyöräilijät ajoivat testiosuuksia sisältävän pyörätien läpi pysähtymättä tarkkaillen pyörätien pintaa. Takaisin päin tullessa tapahtui varsinainen arvostelu. Testiosuudet arvioitiin päällysteen kunnon perusteella 5 luokkaan ja osuuksien hyväksyttävyyttä arvioitiin.

Ajopaneelien tulokset on esitetty liitteellä 5. Jatkossa tarkastellaan lähemmin vain Haukiputaalla kesällä tehtyä ajopaneelia ja sen tuloksia. Ajopaneeliin osallistui pyöräilijöitä 10 kpl, joista 9 pyöräili päivittäin ja 1 viikoittain. Naisia pyöräilijöistä oli 2. Normaali miesten polkupyörä oli käytetyin. Maastopyörä oli käytössä kahdella pyöräilijällä ja kapearenkainen kilpapyörä yhdellä pyöräilijällä.

Taulukossa 3 on kuvattu testiosuuksien saamien pisteiden jakaumaa. Yhteensä arvosteltavia osuuksia oli 34, joten yhteensä ajopaneelissa annettiin 340 arviointipistettä. Erittäin huonoja ja huonoja testiosuuksia oli yhteensä vain 15.9 %, kun hyviä ja erittäin hyviä testiosuuksia oli yhteensä 65.2 %. Kunnoltaan ei hyväksytyjen osuus testiosuuksista oli 19 %. Reitillä olisi siten saanut olla enemmän huonompia osuuksia, joiden lisääminen ei paikkaa välillä vaihtamatta ollut mahdollista. Ajoreitin pituus oli nytkin hyvin pitkä yhteensä 20 km.

Taulukko 3. Ajopaneelin mukaiset testiosuuksien kuntoarviojakaumat

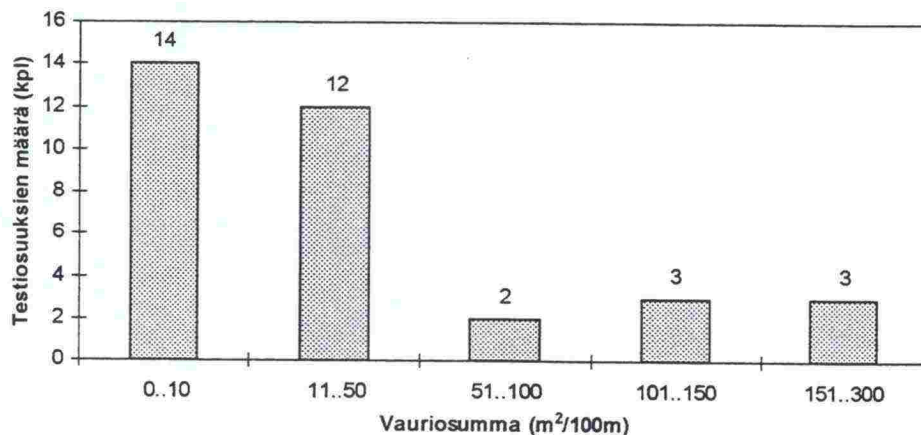
Pisteet	Erittäin hyvä	Hyvä	Keskin-kertainen	Huono	Erittäin huono	Kunto hyväksyttävä Kyllä	Ei
Kpl	100	122	64	35	19	276	64
%	29.4	35.8	18.9	10.3	5.6	81	19

### 2.3.4 Testiosuuksien kunto

#### 2.3.4.1 Testiosuuksien vauriot

Ajopaneelissa olleiden testiosuuksien vauriot mitattiin määritetyn ohjeen mukaisesti inventointilomakkeelle. Inventointiin käytettiin henkilöautoa, joka oli varustettu magneettivilkulla ja erillisellä trippimittarilla. Erillinen trippimittari mittasi matkaa metrin tarkkuudella, joka oli työhön tarpeeksi tarkka. Trippiä käytettiin lähinnä pituushalkeamien pituuksien mittaamiseen.

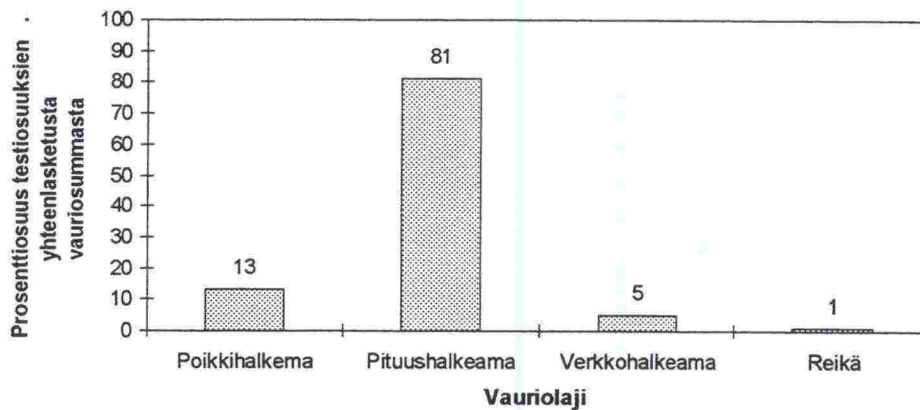
Vaurioinventointien tulokset ovat liitteellä 6. Jotta eripituiset testiosuudet olisivat vaurioiltaan verrannollisia toistensa kanssa, vauriosummat muutettiin kertoimilla vastaamaan 100 m pitkää testiosuutta. Vauriosumma vaihteli testiosuuksilla 0.2 - 208.3 m<sup>2</sup> välillä. Testiosuuksista suurin osa oli vain vähän vaurioituneita (kuva 8). Testiosuuksien, joiden vauriosumma oli ≤10 m<sup>2</sup>, määrä oli 14 kpl (41 %) kaikista testiosuuksista. Kuitenkin erittäin vaurioituneiden testiosuuksien määrän lisääminen olisi pidentänyt kohtuuttomasti arvostelureitin pituutta, sillä arvostelureitin kokonaispituus oli jo tässä tutkimuksessa 20 km.



Kuva 8. Testiosuuksien vauriosummajakauma



Yleisin vaurio testiosuuksilla oli pituushalkeama, jonka osuus testiosuuksien yhteenlasketusta vauriosummasta oli 81 % (kuva 9). Vaurioinventoinnin ja pisteytyksen yhteyttä tarkasteltaessa on muistettava että, vaurioinventoinnissa ei lueta paikattuja halkeamia vaurioiksi. Kuitenkin ajopaneeliin osallistujat kokivat paikatat halkeamat kuntotasoa alentaviksi. Tämä aiheuttaa hajontaa tulosten välillä.



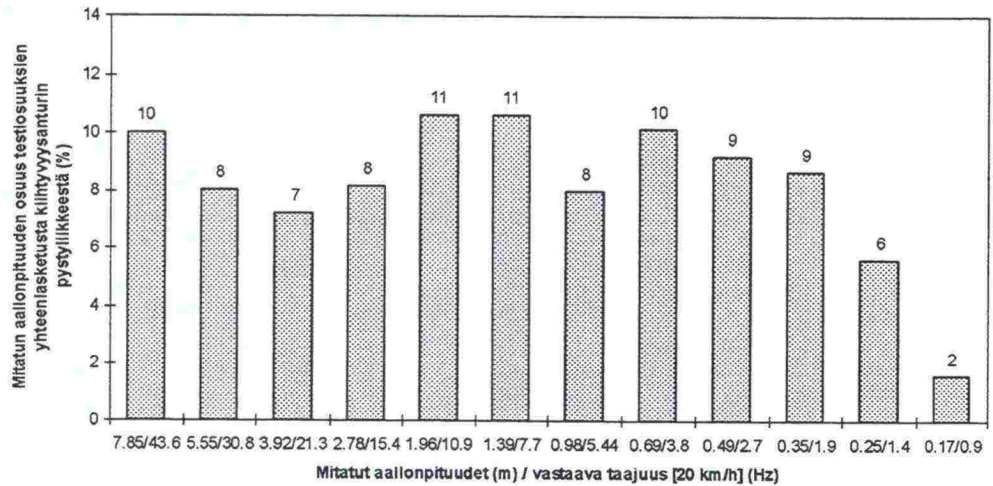
Kuva 9. Eri vaurioiden osuus testiosuuksien yhteenlasketusta vauriosummasta

#### 2.3.4.2 Tasaisuus

Tasaisuuden mittaaminen suoritettiin seuraavalla tavalla. Pyörällä ajettiin noin 50 m matkaa ennen mittauspisteen alkua, jolloin ajonopeus pyrittiin tasoittamaan 20 km/h. Testiosuuden aloituspisteen kohdalla painettiin spektrianalysointilaitteen start-nappulaa. Pyörätietä ajettiin tasaista nopeutta ja loppupisteen kohdalla spektrianalysointilaitteen näytössä oleva matka otettiin muistiin. Tämän jälkeen pyörällä ajettiin tai takapyörää pyöritettiin niin että, matkamittariin kertyi 130 m ylimääräinen matka. Tällöin saatiin talteen pisimmän mitattavan aallonpituuden viimeinen pystyliike. Tämän jälkeen painettiin stop-nappulaa ja siirryttiin seuraavalle osuudelle. Seuraavan osuuden mittaus tiedot tulostuivat edellisen perään.

Jokaisen testiosuuden eri aallonpituuksilla tapahtuva kiihtyvyyssanturin pystyliike laskettiin yhteen. Jotta eripituiset testiosuudet olisivat tasaisuudeltaan verrannollisia toistensa kanssa, eri aallonpituusalueiden tasaisuusluvut muutettiin kertoimilla vastaamaan 100 m testiosuuksia. Tasaisuusmittausten tulokset on esitetty liitteellä 7. Kuvassa 10 on esitetty mitattujen aallonpituusalueiden osuus kaikkien testiosuuksien yhteenlasketusta kiihtyvyyssanturin pystyliikkeestä. Aallonpituuden lisäksi on esitetty aallonpituutta vastaava värin taajuus, kun pyörän nopeus on 20 km/h.

Mitattujen aallonpituusalueiden välillä ei ole huomattavia eroja lukuunottamatta aallonpituutta 0.17 m, jonka osuus on selvästi muita aallonpituusalueita pienempi. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä hyvin lyhyillä värin aallonpituuksilla amplitudi ei voi olla suuri toisin kuin pitkällä aallonpituusalueilla.

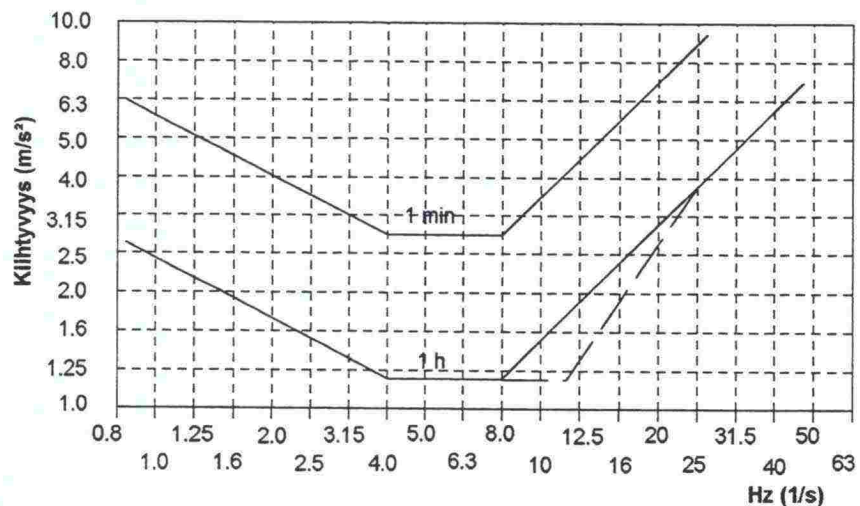


Kuva 10. Testiosuuskien eri aallonpituusalueilla tapahtuvan kiihtyvyyssanturin pystyliikkeen summan jakauma aaltoalueittain.

Kuten taulukosta 1 voitiin havaita, tärinän eri taajuusalueet vaikuttavat ihmiseen eri tavalla. Myös pyöräilijä kokee tietyt pyörätien epätasaisuudesta aiheutuvat tärinän taajuusalueet erittäin haitallisiksi. Koska pyörätien epätasaisuutta mitataan eri aallonpituusalueilla tapahtuvan kiihtyvyyssanturin pystyliikkeen summana, olisi summaa laskettaessa hyvä korostaa haitallisimmilla aaltoalueilla tapahtuvaa kiihtyvyyssanturin pystyliikettä ns. haittakertoimilla.

### 2.3.5 Pyöräilijälle haitallisimpien tärinän aaltoalueiden määrittäminen

Istuvaan ihmiseen vaikuttavan tärinän haitallisimmat taajuudet on määritetty ISO 2631 normissa (kuva 11).



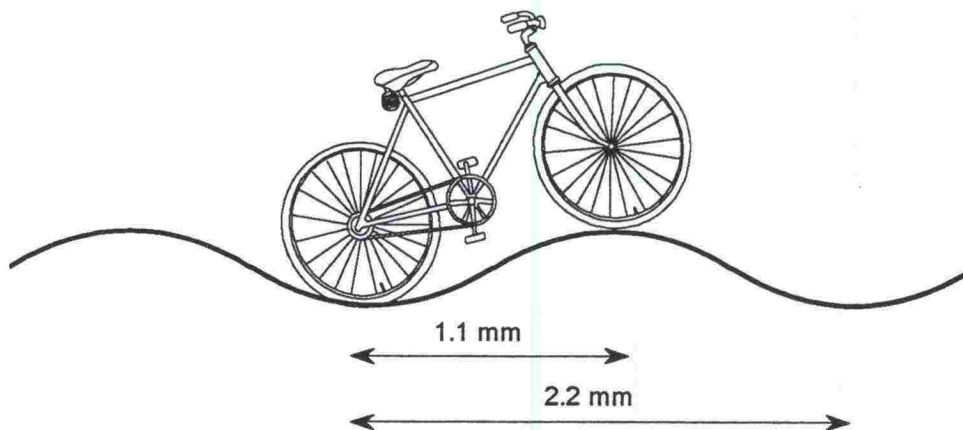
Kuva 11. ISO 2631:ssä kuvattu ihmiselle aiheutuvan haitan vastaavuus tärinän taajuuden ja kiihtyvyyden vaihdellessa (ISO 2631). Kuvaan on lisätty pyörän rakenteesta johtuva lisätaajuusalue



Kuva 11 kertoo kuinka kauan istuva ihminen sietää tietyn taajuuden ja kiihtyvyyden omaavaa tärinää. Kuvasta voidaan todeta, että mitä suurempi kiihtyvyys, sitä lyhyemmän ajan ihminen sitä hyväksyy. Lisäksi tärinän taajuuden ollessa 4 - 8 Hz välillä epämukavuus on suurimmillaan. Kuten aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu (Wigan & Caimey 1986), normin osoittamaa tärinän taajuusaluetta on vaikea yhdistää suoraan pyöräilijän ajotuntemukseen. Pyöräilijä kokee tärinää istuimen lisäksi käsien ja jalkojen kautta, jolloin pyöräilijä voi kokea epätasaisuudet huomattavasti normia voimakkaammin. Toisaalta pyöräilijän kokema liikunnan nautinto voi aiheuttaa sen, että pyöräilijä voi sietää enemmän tärinää kuin normi osoittaa. Kuitenkin normia tarkastelemalla voidaan saada käsitys haitallisimmasta tärinän taajuusalueesta.

Jotta normin osoittama haitallisin tärinän taajuusalue voidaan yhdistää mitattaviin tärinän aallonpituuksiin, on tiedettävä polkupyörän nopeus. Tielaitoksen hallussa olevat pyörätiet ovat suurimmaksi osaksi erillisiä pyöräteitä, joilla keskimääräinen nopeus on noin 23 km/h (Kuivalainen, J. et al., 1986). Mäet, pyörätien pinnan kunto ja muut liikkujat pyöräteillä vaikuttavat luonnollisesti käytettävään nopeuteen. Asutuskeskuksissa, joissa on runsaasti pyörätien käyttäjiä ja pyörätiet on erotettu yleisistä teistä korotuksella ovat nopeudet edellä esitettyä alhaisempia (noin 15 km/h) (Naskila, A. 1985). Aaltoalueiden määrittelyssä käytetään jatkossa nopeutta 20 km/h, koska kuten aikaisemmin mainittiin tielaitoksen hallussa olevat pyörätiet ovat yleensä erillään yleisistä teistä.

Normin osoittaman haitallisimman tärinän taajuusalueen lisäksi on huomioitava, että polkupyörän rakenne korostaa tiettyjen aallonpituuksien haitallista vaikutusta pyöräilijään. Polkupyörän pyörät ovat tavallisimmin 1.1 m etäisyydellä toisistaan (kuva 12).



Kuva 12. Pyörän asento kun epätasaisuuden aallonpituus on 2.2 m.

Tällöin aallonpituuden 2.2 m voidaan olettaa olevan pyöräilijälle erittäin haitallinen, koska tällöin etupyörä on aallon harjalla ja takapyörä on aallon pohjassa, kuten kuvasta 12 voidaan havaita. Tämän vuoksi laajennetaan haitallisinta taajuusaluetta niin, että aallonpituutta 2.2 m korostetaan kuvan 11 mukaisesti enemmän mitä normissa on annettu. Nyt kuvan 11 osoittama haitallisin tärinän taajuusalue vastaa mitattavia aallonpituuksia välillä 0.69 m - 1.96 m (pyörän nopeus 20 km/h).

Normin avulla saadaan selville aikaisemmin todetuin varauksin tärinän haitallisin taajuusalue, mutta ei saada käsitystä mitattavien aaltoalueiden haittakertoimista. Ajopaneelin tulosten ja testiosuukien kuntomittausten perusteella pyrittiin tilastokäsittelyn avulla löytämään arvosteltuja testiosuukia parhaiten kuvaavat aallonpituudet eli ne aallonpituudet, jotka vaikuttivat haitallisimmin pyöräilijään ja alensivat näin koettua pyörätien kuntotasoa. Haitallisimmille aaltoalueille pyrittiin löytämään myös haittakertoimet. Lisäksi tarkasteltiin testiosuukien vauriosumman vaikutusta arvosteluun. Ajopaneelin ja pyörällä tehdyn tasaisuusmittauksen tulosten tilastollinen käsittely tapahtui tielaitoksen tutkimuskeskuksen avulla. Tilastokäsittely suoritettiin SAS-ohjelmalla käyttäen faktorianalyysiä. Tarkastelutavaksi valittiin faktorianalyysi, koska sen todettiin toimivan tutkimuskeskuksen sorateille kehitettävän IRI:n määrittämisessäkin.

Liitteessä 7 on esitetty käsitelty tiedosto. Annetuista kuntotasopisteistä laskettiin keskiarvo, johon testiosuukien vauriosummaa ja tasaisuusmittauksia verrattiin. Taulukossa 4 on esitetty kuntotasopisteiden ja eri aaltoalueiden mittaustulosten välisiä korrelaatiokertoimia. Jatkossa aaltoalueisiin viitataan numeroilla 1 - 12, jolloin 1 on pisin aallonpituus ja 12 on lyhin.

*Taulukko 4. Paneelitutkimuksen kuntoarvioiden ja tasaisuusmittausten korrelaatiokertoimet*

Aallonpituus	7.85	5.55	3.92	2.78	1.96	1.39	0.98	0.69	0.49	0.35	0.25	0.17
Korrelaatiokerroin	0.06	-0.13	-0.45	-0.74	-0.74	-0.71	-0.67	-0.79	-0.81	-0.77	-0.77	-0.71

Vauriosumman ja pisteiden välinen korrelaatiokerroin oli -0.81, joka on yhtä suuri kuin mitattujen aallonpituuksien ja kuntoarvioiden välinen suurin korrelaatio. Vaurioiden voidaankin katsoa vaikuttaneen määräävimmin paneelitutkimuksen kuntoarvioihin. Lisäksi voidaan todeta pisimmän aallonpituuden korrelaatiokertoimen olevan vääränmerkinen ja 5.55 m aallonpituuden korrelaatiokertoimen selvästi pienempi kuin muiden, joten kaksi pisintä aallonpituutta voitiin jättää jatkotarkastelun ulkopuolelle. Näillä oli kuitenkin korrelaatorakenteesta johtuva välillinen vaikutus. Loput 10 aallonpituutta ovat voimakkaasti korreloituneita ja eri aaltoalueiden korrelaatiokertoimien välillä ei ole suuria eroja (Männistö, V., Kanto, A.).

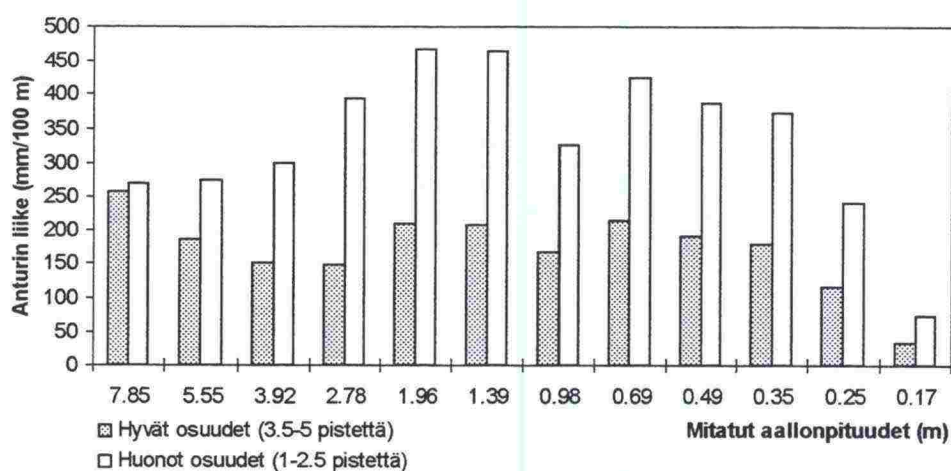
Aallonpituuksien sisältämästä informaatiosta voidaan selittää yhden taustamuuttujan avulla 78 % ja kahden taustamuuttujan avulla 89 %. Pääkomponenttianalyysillä yhden taustamuuttujan tulkinta on karkeasti aallonpituuksien summa. Kahden taustamuuttujan ratkaisusta saadaan rotatoimalla (laskemalla lineaarikombinaatio) tulkinta, jossa ensimmäinen faktori sisältää aallonpituudet 3 - 12 (lyhyet aallot) ja toinen 3 - 6 (pitkät aallot). Kahden faktorin ratkaisussa molempien faktoreiden yhteinen selityssaste on 69 % (Männistö, V., Kanto, A.).

Taulukon 4 perusteella todettiin, että aaltoalueiden 3 - 12 korrelaatiokertoimien välillä ei ole suuria eroja. Tämän vuoksi yksinkertaisillakin malleilla kuten summamuuttujilla voidaan päästä lähes samoihin selityssasteisiin kuin kahden faktorin mallillakin. Esimerkiksi summamuuttujan 3 - 12 selityssaste on 66 %, joka on lähes



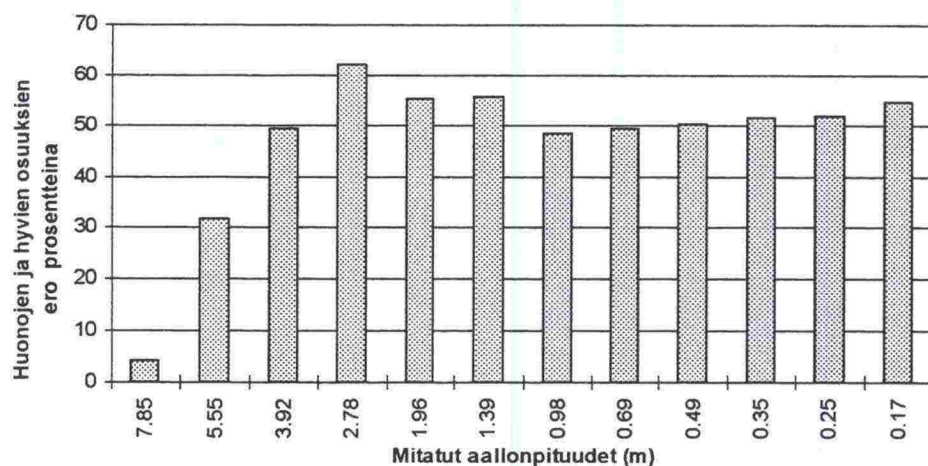
sama kuin kahden faktorin ratkaisun selityssaste. Joten yksinkertaisten summamuuttujien avulla voidaan määrittää mitattavat aallonpituudet.

Summamuuttujien käyttö on järkevää myös kuvien 13 ja 14 perusteella. Kuvassa 13 on jaoteltu arvosteltavat testiosuudet kunnoltaan hyviin ja huonoihin arvosanojen perusteella. Eri aaltoalueiden kiihtyvyyssanturin pystysuuntaiset liikemäärät on muutettu keskiarvoiksi mm / 100 m. Kuvasta voidaan todeta huonojen testiosuuksien eri aaltoalueiden mittaustulosten olevan suuremmat (epätasaisemmat) kuin hyvillä testiosuoksilla.



Kuva 13. Hyvien ja huonojen testiosuuksien anturin liikemäärät

Kuvassa 14 on esitetty hyvien ja huonojen testiosuuksien prosentuaaliset erot, jolloin voidaan todeta kaikilla aaltoalueilla 3 - 12 olevan hyvin samanlainen painoarvo arvostelijoiden pisteytyksessä, jolloin haittakertoimia eri aaltoalueille ei kuvan 14 mukaan tarvita.



Kuva 14. Huonojen ja hyvien testiosuuksien anturin liikemäärän prosentuaaliset erot.

Taulukon 4 ja kuvan 14 perusteella voidaan todeta, että ajopaneeliin osallistuneisiin pyöräilijöihin ei vaikuttanut erittäin haitallisesti mikään mitattu värinän aallonpituus, joten haittakertoimia eri aaltoalueille ei voida määrittää. Kuitenkaan tasaisuuslukuja laskettaessa kaikkia mitattuja värinän aaltoalueita ei ole järkevää ottaa mukaan. Taulukon 4 ja kuvan 14 mukaan kaksi pisintä mitattua värinän aallonpituutta voidaan jättää huomioimatta, koska ne kuvaavat huonosti ajopaneeliin osallistuneiden kokemaa testiosuuksien tasaisuutta.

Lisäksi taulukosta 4 voidaan havaita aaltoalueen 3.92:n korrelaatiokertoimen olevan suhteellisen pieni (-0.45) muihin nähden. Myöskin aallonpituuden 3.92 m puolikas (1.96 m) on pidempi kuin polkupyörän pyörien etäisyys (1.1 m). Voidaankin ajatella näin pitkäaaltoisen epätasaisuuden jäävän pyöräilijältä lähes huomaamatta. Kuvasta 13 voidaan taas havaita kahden viimeisimmän aaltoalueen anturin liikemäärien olevan hyvin pieni ja tällöin myös niiden painoarvo on pieni tarkasteltaessa pelkästään summamuuttujaa ilman kertoimia. Näin ollen kahta lyhintä aallonpituutta ei välttämättä ole järkevää ottaa mukaan tasaisuuslukuun. Taulukossa 5 on esitetty näiden erikoistapausten summamuuttujien selityssasteita.

*Taulukko 5. Eri summamuuttujien selityssasteet*

Summamuuttuja	Selityssaste
3 - 12 (aallonpituus 3.92 - 0.17 m)	66 %
4 - 12 (aallonpituus 2.78 - 0.17 m)	68 %
3 - 10 (aallonpituus 3.92 - 0.35 m)	64 %
4 - 10 (aallonpituus 2.78 - 0.35 m)	67 %

Kaikkien summamuuttujien selityssasteet ovat hyvin lähellä toisiaan, joten kaikki eri summamuuttujat ovat mahdollisia. Kuitenkin summamuuttujalla 4 - 12 on paras selityssaste. Tällöin aallonpituus 3.92 m voidaan jättää huomioimatta edellä mainittujen seikkojen perusteella. Lyhimmat aallot (0.17 m ja 0.35 m) lisäävät hiukan selityssastetta, joten ne otetaan mukaan lievänä lisäinformaation tuojana. Tasaisuusmittauksen malliksi saadaan edellä esitetyn tarkastelun pohjalta aaltoalueiden 2.78 m - 0.17 m anturin liikemäärän summa. Tällöin kaikki tällä alueella oleva epätasaisuus vaikuttaa yhtä haitallisesti pyöräilijään.

Verrattaessa normin osoittamaa haitallisinta värinän aaltoaluetta 0.69 m - 1.96 m ja kuvaa 13 voidaan todeta, että huonoimmilla testiosuuksilla mitattiin juuri normin osoittamilla haitallisimmilla aaltoalueilla suurimmat kiihtyvyyksianturin liikemäärät. Näin ollen haitallisimmat aaltoalueet korostuvat ilman haittakertoimiakin.

Tässä työssä mitattiin polkupyöräilijään vaikuttavaa värinän aallonpituusaluetta 0.17 m - 7.85 m. Mitattava aallonpituusalue on todennäköisesti järkevä, sillä pisimmät mitattavat epätasaisuuden aallonpituudet voitiin jättää huomioimatta. Toisaalta lyhimmat mitattavat aallonpituudet otettiin mukaan tasaisuuslukuun, mutta niiden vaikutus jää pieneksi. Jos mitattavia aaltoalueita halutaan lisätä jatkossa vielä lyhyemmille aallonpituuksille, jouduttaisiin niitä todennäköisesti korostamaan kertoimilla, jotta aaltoalueilla olisi painoarvoa tasaisuuslukuja laskettaessa.



## 2.4 Paneelitutkimuksen tulokset

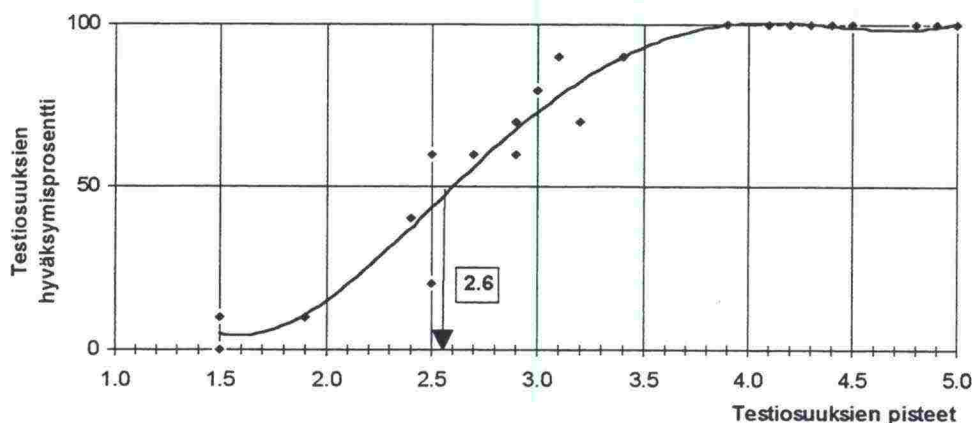
### 2.4.1 Testiosuuksien ajopaneelin tulosten ja kuntotietojen yhdistäminen

Ajopaneelistä saatuja testiosuuksien kuntopisteiden keskiarvoja käytettiin kuntoluokituksen määrittämisessä. Vertailtaessa erilaisia kuntoarvoja saaneita testiosuuksia ja niiden kuntomittauksia voidaan löytää kuntoluokituksen luokitusrajat. Lisäksi ajopaneelissa kysytyn pyörätien kunnan hyväksyttävyyden

perusteella voidaan löytää palvelutason raja-arvo, jota pyöriteiden kunto ei saisi alittaa. Palvelutason raja-arvolla tarkoitetaan sitä suurinta vaurioiden ja epätasaisuuden määrää, jonka pyöräilijä vielä hyväksyy ja pyörätie ei tarvitse välittömiä kunnostustoimenpiteitä. Kunnostustoimenpiteitä voivat olla tarvittaessa mm. halkeamien paikkaus tai pinnan uudelleen päällystys.

### 2.4.2 Rakenteellisen palvelutason raja-arvo

Paneelin arviointien perusteella laskettiin jokaiselle testiosuudelle hyväksymisprosentti. Hyväksymisprosentti kertoo kuinka moni paneeliin osallistujista piti testiosuutta kunnoltaan hyväksyttävänä. Korjaustoimenpiteitä aiheuttavan kuntotason raja-arvoksi päätettiin asettaa 50 % hyväksymistaso. Tällöin raja-arvon alittavia pyöriteitä enemmistö pyöräilijöistä pitää korjauksia tarvitsevinä. Hyväksymistason asettamisella määritellään täysin kuinka suuria vauriosummia ja epätasaisuuksia pyöriteillä sallitaan. Asetettaessa raja-arvo esimerkiksi hyväksymisprosentin 25 kohdalle sallitaan vaurioita ja epätasaisuuksia huomattavasti enemmän kuin jos hyväksymisprosentti olisi 50. Kuvaan 15 on piirretty testiosuuksien kuntopisteiden keskiarvon ja hyväksyttävyydsprosentin avulla S-muotoinen käyrä.



Kuva 15. 50 hyväksymisprosenttia vastaavan kuntopisteen määrittäminen

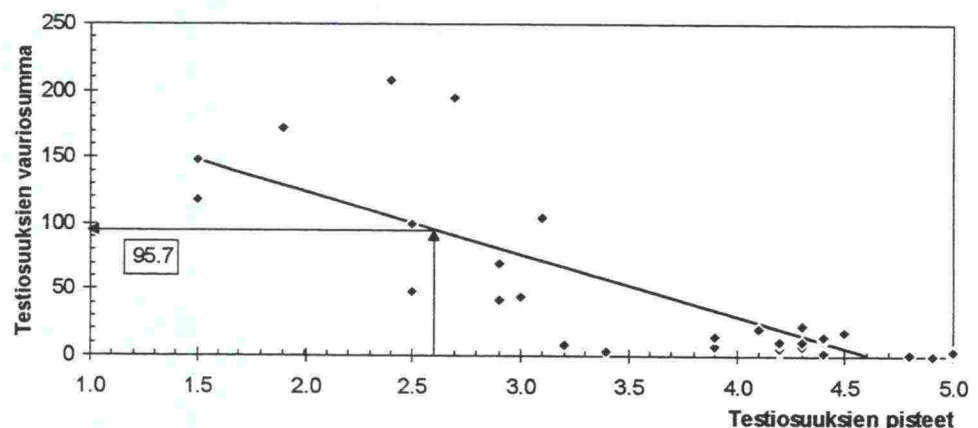
Käyrältä saadaan 50 % hyväksymistasoa vastaavaksi testiosuuksien kuntopisteiden keskiarvoksi 2.6. Tämä pistemäärä on arvostelijoiden käyttämien kuntoluokkien huono ja hyvä välimaastossa. Raja-arvo on järkevä, sillä pyöräilijät, jotka arvioivat pyörätien kunnan huonoksi, pitävät kuntotasoa todennäköisesti ei hyväksyttävänä. Taas

pyöräilijät, jotka arvioivat pyörätien kunnon kesinkertaiseksi, pitävät sitä todennäköisesti hyväksyttävänä. Kuvasta 15 saadun kuntotasopistemäärän avulla voidaan määrittää vaurioille ja tasaisuudelle palvelutason raja-arvot.

#### 2.4.3 Vaurioitumisen raja-arvot ja kuntoluokitus

Vaurioitumisen raja-arvolla tarkoitetaan sitä vaurioiden määrää, jolloin pyöräilijöistä yli 50 % pitää pyörätien pinnan kuntoa ei hyväksyttävänä. Tätä kuntatasoa vastaa vaksi pistemääräksi saatiin edellä 2.6, jonka avulla voidaan määrittää raja-arvo vauriosummalle. Kuvassa 16 on esitetty testiosuuksien kuntopisteiden keskiarvon ja vauriosumman välinen yhteys. Vauriosumman ja pisteytyksen välillä voidaan todeta olevan suuri hajonta. Yksi syy tähän voi olla vaurioinventoinnin periaate, jossa vaurioiksi ei lasketa onnistuneesti paikattuja vaurioita. Testiosuuksilla oli paikoitellen paikkauksia, jotka vaikuttivat arvosteluun alentavasti, mutta paikkaukset eivät tulleet mukaan vaurioinventointiin.

Pistemäärää 2.6 vastaava vauriosumma on  $95.7 \text{ m}^2$ , jolloin toimenpiderajaksi saadaan vauriosumma  $96 \text{ m}^2$ . Tällaisella vauriosummalla enemmistö pyöräilijöistä kokee pyörätien vauriot niin haitallisiksi, että korjaustoimenpiteitä tulisi suorittaa. Raja-arvo pyöristettiin tasan  $100 \text{ m}^2$ :ksi käytön ja muistettavuuden helpottamiseksi.



Kuva 16. Vauriosumman raja-arvon määrittäminen

Raja-arvoksi saatu vauriosumma on korkea verrattuna yleisten teiden (oletusleveys 5 m) raja-arvoon, joka on myös  $100 \text{ m}^2$ . Raja-arvon korkeuteen saattaa olla yhtenä syyinä myös paneeliin osallistuneet arvostelijat, jotka olivat tavallisia päivittäin pyörää käyttäviä pyöräilijöitä. Jos arvostelussa olisi käytetty tiealan ammattilaisia (tiemestarit ja muut pyöriteiden kunnossapidosta vastaavat) ja arvostelu olisi tehty esimerkiksi kävellen, jolloin vaurioista saa selvemmän kuvan, olisi vauriosumman raja-arvo saattanut alentua huomattavasti.

Kuntoluokituksen avulla pyörätiet jaetaan vauriomääriltään eri luokkiin, jolloin saadaan selville pyöriteiden kuntotason jakauma. Pyöriteiden kunto jaettiin 5 eri luokkaan erittäin huonosta erittäin hyvään paneelin tulosten perusteella. Taulukossa 6 on esitetty 5 portainen kuntoluokitus vauriosumman ja testiosuuksien saamien kuntopis-



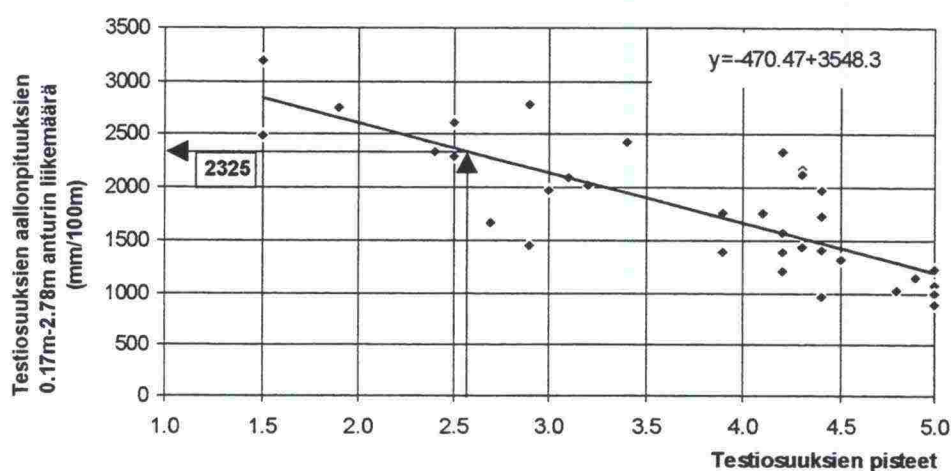
teiden keskiarvon mukaan. Luokitus on tehty kuvan 16 avulla määrittämällä pisterajojen kohdalta vauriosumman arvo. Tarkkoja rajoja muutettiin rajojen käytön ja muistamisen helpottamiseksi. Pyöristys pyrittiin tekemään niin että, tarkan ja lopullisen rajan välillä ei ole kohtuuttoman suurta eroa. Kuntoluokat ovat vauriosummaltaan noin 50 m<sup>2</sup> välein. Kuntoluokassa erittäin hyvä sallitaan vaurioita 5 m<sup>2</sup>, joka vastaa 5 m pituista leveää pituushalkeamaa 100 metrillä.

Taulukko 6. Kuntotasojen vauriosummarajat

Kuntotaso	Pisterajat	Tarkat vauriosummien rajat (m <sup>2</sup> )	Lopulliset vauriosummien rajat (m <sup>2</sup> )
Erittäin hyvä	≥4.5	≥0.0 ja ≤6.2	≥0 ja ≤5
Hyvä	≥3.5 ja <4.5	>6.2 ja ≤53.3	>5 ja ≤50
Keskinkertainen	≥2.5 ja <3.5	>53.3 ja ≤100.4	>50 ja ≤100
Huono	≥1.5 ja <2.5	>100.4 ja ≤147.5	>100 ja ≤150
Erittäin huono	<1.5	>147.5 ja ≤300.0	>150 ja ≤300

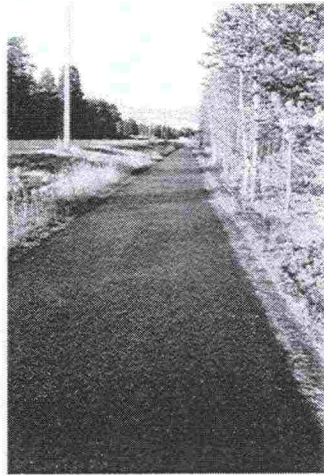
#### 2.4.4 Tasaisuuden raja-arvot ja kuntoluokitus

Tasaisuuden raja-arvo määritettiin samalla tavalla kuin vaurioiden raja-arvokin. Kuvassa 17 on tarkasteltu testiosuuksien kuntopisteiden keskiarvon ja tasaisuusmittausten välistä yhteyttä. Kunnostustoimenpiteiden raja-arvoksi saadaan kuntopisteen 2.6 avulla epätasaisuuden arvo 2 325 mm / 100 m. Koska mittaustulokset käsiteltiin 10 metrin välein toimenpiderajaksi saatiin 230 mm / 10 m. Raja muutettiin arvoon **240 mm / 10 m**, jotta raja olisi sama kuin keskinkertaisen ja huonon kuntotason raja-arvo. Tällöin tilastointi ja tiedon käsittely helpottuu.

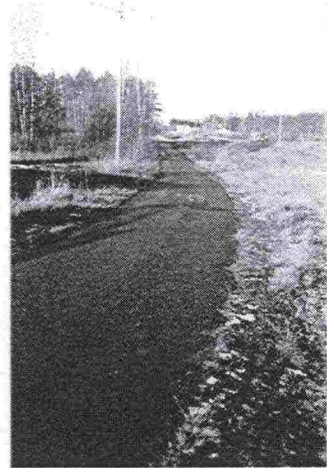


Kuva 17. Tasaisuuden raja-arvojen määrittäminen.

Seuraavat kuvat havainnollistavat määritettyjä kuntotasojä. Kuvissa olevien pyöräteiden vauriot ja tasaisuus kuuluvat samaan kuntoluokkaan. Kuvista voidaan todeta että, kuntoluokituksen perusteella saadaan kunnoltaan eritasoiset pyörätiet selvästi erottumaan toisistaan.



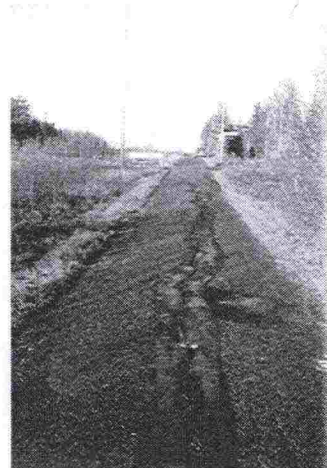
*Kuva 18. Kuntotaso erittäin hyvä.*



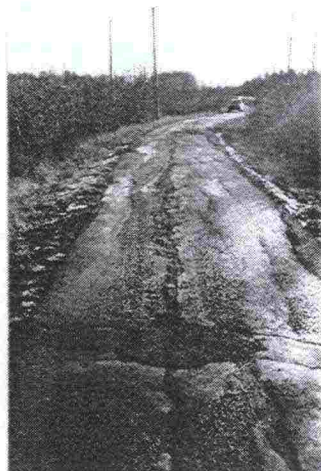
*Kuva 19. Kuntotaso hyvä.*



*Kuva 20. Kuntotaso keskinkertainen.*



*Kuva 21. Kuntotaso huono.*



*Kuva 22. Kuntotaso erittäin huono*

Tasaisuuden kuntoluokitus tehtiin 5 luokkaiseksi kuvan 17 avulla samalla tavalla kuin vaurioiden kuntoluokitus. Kuntoluokitus on esitetty taulukossa 7. Luokat ovat 50 mm / 10 m välein, johon verrattuna luokan erittäin hyvä yläraja 140 mm / 10 m on korkea, sillä pyörätien ollessa täysin tasainen mittaustulos pitäisi olla teoriassa 0 mm / 10 m. Pienin mitattu tasaisuusluku oli kuitenkin 80 mm / 10 m, joten testi-osuuksien joukossa ei ollut täysin tasaista osuutta tai mittaukseen tulee aina pientä pystyliikettä esimerkiksi pyörän polkemisesta.

Taulukko 7. Kuntotasojen tasaisuusrajat.

Kuntotaso	Pisterajat	Tarkat tasaisuusrajat (mm/100m)	Lopulliset tasaisuusrajat (mm/10m)
Erittäin hyvä	$\geq 4.5$	$\geq 0.0$ ja $\leq 1431.2$	$\geq 0$ ja $\leq 140$
Hyvä	$\geq 3.5$ ja $< 4.5$	$> 1431.2$ ja $\leq 1901.7$	$> 140$ ja $\leq 190$
Keskinkertainen	$\geq 2.5$ ja $< 3.5$	$> 1901.7$ ja $\leq 2372.1$	$> 190$ ja $\leq 240$
Huono	$\geq 1.5$ ja $< 3.5$	$> 2372.1$ ja $\leq 2842.6$	$> 240$ ja $\leq 290$
Erittäin huono	$< 1.5$	$> 2842.6$	$> 290$



### 3 OULUN TIEPIIRIN KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLÄSTÖN KUNTOLUOKITUS

#### 3.1 Kuntoluokituksen periaatteet

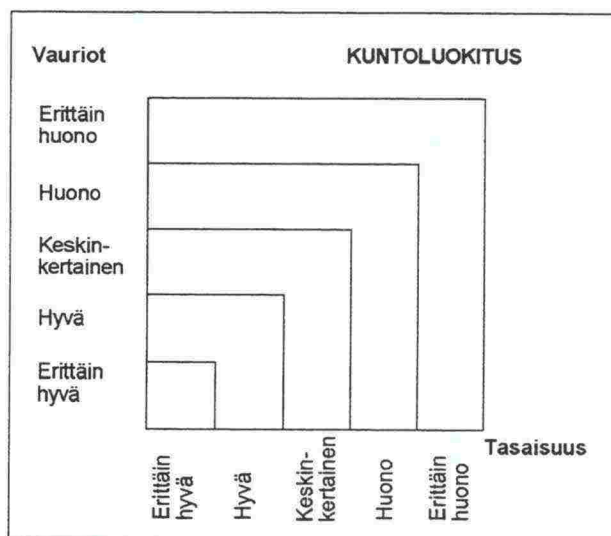
Kuntoluokituksen kohteena olivat Oulun tiepiirin yleisten teiden varsilla sijaitsevat päällystetyt kevyen liikenteen väylät. Tierekisteristä saatiin selville väylien sijainti, pituus ja se kummalla puolella yleistä tietä ne sijaitsivat. Työn yhteydessä pyrittiin korjaamaan rekisterissä olevat virheet. Virheitä oli pituuksissa, hoitajissa (Tielaitos/kunta) ja pyöriteiden sijainnissa (oikea/vasen puoli). Yleiskartta kohteista on esitetty liitteessä 8. Taulukossa 8 on esitetty pyöriteiden alueellinen jakauma tuotantoalueittain. Taulukon arvoissa on noin 7 km uusia pyöriteitä, jotka valmistuivat vaurio- ja tasaisuustietojen mittausten jälkeen.

*Taulukko 8. Pyöriteiden määrä Oulun tiepiirissä tuotantoalueittain*

	Yhteensä	Oulu	Ylivieska	Kajaani
Pituus (km)	395.624	155.172	146.347	94.105

Kevyen liikenteen väylien kokonaispituus on 406 km (Tielaitos 1995b). Tällöin pyöriteiden määriin on laskettu myös jalkakäytävät, jotka jätettiin tässä tehdyn luokituksen ulkopuolelle, sillä vaurioinventointi autolla olisi ollut vaikeaa jalkakäytävien ka-peuden vuoksi. Myöskin jalkakäytävien tasaisuuden mittaaminen polkupyörällä ei ole jär-kevä, koska pyöräily jalkakäytävillä on laissa kielletty. Lisäksi pyörätiet, jotka olivat lyhyempiä kuin 100 m jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska vaurioinventointi suo-ritettiin 100 m jaksoissa.

Tierekisterin osoittamilta pyöriteiltä inventoitiin kuntotiedot. Kerätty kuntotieto luokiteltiin tässä työssä määritetyillä kriteereillä. Kuntoluokitus oli 5 tasoinen, jotta oli mahdollista saada pyöriteiden kuntotason jakauma selville. Luokituksessa on huomi-oitu vauriot ja tasaisuudet niin, että pyörätien 10 m osuuden luokan määrää aina vau-rioiltaan tai tasaisuudeltaan **huonoin** luokka. Kuvassa 23 on pyritty selventämään kuntoluokituksen jakoa. Luokkaan erittäin hyvä voi kuulua pyörätiet, joiden kuntota-so on erittäin hyvä sekä vaurioiden ja tasaisuuden osalta. Luokkaan erittäin huono voi kuulua pyörätiet, jotka ovat esimerkiksi tasaisuudeltaan luokkaa erittäin huono, mutta vaurioiltaan pyörätie voi kuulua mihin tahansa luokkaan.



Kuva 23. Kuntoluokituksen periaate

## 3.2 Vaurioinventointi

### 3.2.1 Inventoinnin toteuttaminen

Vaurioinventointi tapahtui 22.5 - 21.6 välisenä aikana. Inventoinnin loppuajana routa oli sulanut joten vauriot eivät olleet pahimmillaan. Työ tehtiin yhden henkilön voimin, jolloin auton ajaminen, inventointi, tripin seuraaminen ja käyttö, sekä vaurioiden kirjaaminen lomakkeille tapahtui yhtä aikaa. Tämä vaikutti varmasti inventoinnin tarkkuuteen ja hyvin paljon myös liikenneturvallisuuteen, sillä autoa piti ajaa kapealla kevyen liikenteen väylällä muun kevyen liikenteen seassa. Inventoinnin aikana sattuikin useita "läheltä piti" tilanteita, sillä katse ei aina voinut olla vaurion kirjaamisen aikana tiessä. Myöskin inventoinnin suorittaminen 100 metrin jaksoissa vaati jatkuvaa trippimittarin tarkkailua.

Pyöriteiden kuntotietojen inventointia tahdittaa varsinkin alkukeväästä hiekotushiekkan harjauksen eteneminen. Tämän vuoksi inventointi voidaan aloittaa pyöriteillä huomattavasti myöhemmin kuin yleisillä teillä. Jatkossa, varsinkin jos tasaisuusmittaus tehdään samoille osuuksille kuin vaurioinventointi, kannattaa työ tehdä kahden henkilön voimin seuraavasti. Mitattavalta osuudelta inventoidaan vauriot autolla niin, että toinen ohjaa autoa ja havainnoi vauriot, toinen kirjaa havaitut vauriot lomakkeille tai suoraan tietokoneelle. Osuuden lopussa toinen työntekijä ottaa polkupyörän ja mittaa pyörätien tasaisuuden. Tällä aikaa toinen työntekijä ajaa auton valmiiksi mitattavan osuuden päähän, josta jatketaan seuraavalle osuudelle. Näin työ etenee tehokkaasti.

### 3.2.2 Vauriotilanne

Vaurioinventointilomakkeisiin inventoidut vauriot (387 inventointilomaketta) siirrettiin käsin tielaitoksen tietokantajärjestelmiin. Tietokantojen avulla vauriotietoihin



liitettiin tierekisteristä mm. tieto siitä missä tiemestaripiirissä ja tuotantoalueella pyörätie sijaitsi. Tietokantojen kehittämisestä vastasi Oulun tiepiirin hallintopalvelut.

Vaurioinventoinnin kokonaispituus oli 396,964 km ja tasaisuusmittauksen kokonaispituus oli 382 km. Ero johtui polkupyörän ja auton matkamittaustarkkuuden eroista, eri ajolinjoista ja matkamittaustavasta (vauriot 1 m tarkkuudella ja tasaisuus 10 m tarkkuudella). Tasaisuus- ja vauriotietojen seulonnassa tarkasteltiin vain niitä pyörätien osuuksia, joista oli tasaisuus- ja vauriotiedot eli tietojen osoite oli sama. Tällöin pyöriteiden loppupäässä matkamittaustarkkuuksien erilaisuudesta johtuen saattoi olla mittausta vain toisesta kuntotiedosta, joka jäi näin ollen tarkastelun ulkopuolelle. Tarkasteltavaksi pyörätien kokonaispituudeksi tuli tällöin 369,8 km.

Ero mitattujen pituuksien ja rekisteristä saatujen pituuksien (406 km) välillä johtuu edellä mainittujen seikkojen lisäksi mm. pyöriteiden mutkittelusta yleisten teiden varilla ja alle 100 pitkien osuuksien jättämisestä tarkastelun ulkopuolelle. Lisäksi Puolangalla ja Oulussa Kuusamon tien varressa oli tiejaksoja, jotka olivat kesän ajan korjauksen alla joten vaurioinventointia ja tasaisuusmittausta ei voitu suorittaa.

Yleisin vaurio tiepiirin pyöriteillä oli pituushalkeama, jonka osuus pyöriteiden yhteenlasketusta vauriosummasta oli 77 % (taulukko 9). Poikkihalkeamien osuus vauriosummasta oli 15 %. Muita vaurioita eli verkkohalkeamia ja reikiä oli vauriosummasta noin 8 %.

Taulukko 9. Eri vauriotyyppien määrät

		Määrä	Vauriosumma	%-osuus
Poikkihalkeama (kpl)	Pakkaskatko	1342	336	0.6
	Kapea	2718	4077	7.1
	Leveä	1415	4245	7.4
Pituushalkeama (m)	Hius	5497	1374	2.4
	Kapea	49533	24767	43.0
	Leveä	17988	17988	31.3
Muut (m <sup>2</sup> )	Verkkohalkeama	3369	3369	5.8
	Reikä	1362	1362	2.4

Vauriosumman perusteella luokiteltuna kuuluu suurin osa Oulun tiepiirin pyöriteistä kuntoluokkiin erittäin hyvä ja hyvä (taulukko 10). Näiden luokkien osuus koko inventoiduista pyöriteistä on yli 80 %. Määritetyn toimenpiderajan (vauriosumma >100 m<sup>2</sup>) ylittävien pyöriteiden kokonaispituus oli vain 10.4 km eli alle 3 % inventoidun väylästön pituudesta. Tiepiirin kunnostustoimenpiteitä vaativien pyöriteiden määrissä ei ollut tuotantoalueiden välillä suuria eroja. Huonoimmassa kunnossa olivat Ylivieskan tuotantoalueen pyörätiet, joista 3.7 % oli toimenpiderajan ylittäviä.

Lisätietojen saamiseksi tarkasteltiin erilaisten vaurioiden jakaumia vielä kuntoluokittain. Taulukkoon 11 on kerätty poikkihalkeamien keskimääräiset arvot kpl / 100 m eri kuntoluokissa. Pakkaskatkoja oli hyvin vähän kuntoluokasta riippumatta. Pakkaskatkoja oli määrältään eniten kuntoluokaltaan hyvillä pyöriteillä. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä erittäin hyvillä pyöriteillä pakkaskatkoja ei pitä-

sikään esiintyä ja kuntotason huonontuessa (pyörätien vanhetessa) halkeamaleveys kasvaa ja halkeama luokituu kapeaksi tai leveäksi poikkihalkeamaksi taulukon 11 mukaisesti. Kysymyksiä herättävä seikka on leveiden poikkihalkeamien määrän lievä väheneminen siirryttäessä kuntotasolta huono kuntotasolle erittäin huono. Syynä tähän saattaa olla kunnostustoimenpiteet (paikkaukset), jotka kohdistetaan tavallisesti huonoimpiin kohteisiin, jolloin leveiden halkeamien määrät voivat olla vähäisemmät kuin kapeiden.

Taulukko 10. Oulun tiepiirin pyöriteiden määrä eri kuntotasoissa vauriosumman mukaan jaoteltuna

Kuntotaso/ Vauriosumma (m <sup>2</sup> )	Yhteensä		Tuotantoalue					
	Km	%	Oulu		Ylivieska		Kajaani	
			Km	%	Km	%	Km	%
Erittäin hyvä (≥0 ja ≤5)	236.7	64.0	87.1	63.2	86.4	60.8	63.2	70.2
Hyvä (>5 ja ≤50)	101.9	27.6	41.3	30.0	40.3	28.4	20.2	22.4
Keskinkertainen (>50 ja ≤100)	20.8	5.6	6.3	4.6	10.1	7.1	4.4	4.9
Huono (>100 ja ≤150)	7.3	2.0	2.3	1.7	3.4	2.4	1.6	1.8
Erittäin huono (>150 ja ≤300)	3.1	0.8	0.8	0.6	1.9	1.3	0.6	0.7
Yhteensä (>100)	369.8	100.0	137.8	100.0	142.1	100.0	90.0	100.0
	10.4	2.8	3.1	2.2	5.3	3.7	2.2	2.4

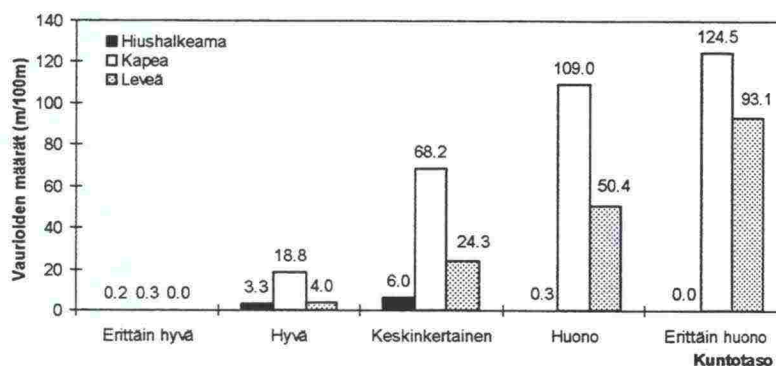
Taulukko 11. Poikkihalkeamien määrät kuntotasoittain

Kuntotaso	Pakkaskatko (kpl/100m)	Kapea (kpl/100m)	Leveä (kpl/100m)
Erittäin hyvä	0.2	0.1	0.0
Hyvä	0.6	1.2	0.9
Keskinkertainen	0.5	2.5	0.9
Huono	0.1	3.7	1.3
Erittäin huono	0.0	4.7	1.2

Kuvassa 24 on esitetty pituushalkeamien määrät kuntotasoittain. Hiushalkeamissa on samanlainen jakauma ja samoista syistä kuin pakkaskatkoissa. Kapeiden ja leveiden poikkihalkeamien määrät kasvavat kuntotason heikentyessä. Leveitä halkeamia on määrällisesti vähemmän kuin kapeita, mutta niiden suhteellinen osuus kasvaa selvästi kun kuntoluokka alenee.

Reikien ja reunapainumien määrät kasvavat tasaisesti kuntotason huonontuessa (taulukko 12). Verkkohalkeamien määrissä tapahtuu suuri hyppäys siirryttäessä huonolta kuntotasolta erittäin huonolle kuntotasolle. Syynä tähän on verkkohalkeamien määrittely, jossa verkkohalkeamaksi määritellään rinnakkaiset pituushalkeamat, jotka ovat 0.5 m etäisyydellä. Tällöin pahoin vaurioituneissa kohteissa pituushalkeamia lasketaan verkkohalkeamiksi.





Kuva 24. Pituushalkeamien määrät kuntotasoittain.

Taulukko 12. Muiden vaurioiden määrät kuntotasoittain.

Kuntotaso	Verkko (m <sup>2</sup> /100m)	Reikä (m <sup>2</sup> /100m)	Reunapainuma (m/100m)
Erittäin hyvä	0.0	0.1	0.4
Hyvä	0.2	0.6	0.7
Keskinkertainen	2.8	0.7	3.3
Huono	5.7	1.1	5.9
Erittäin huono	45.9	2.2	12.0

### 3.3 Tasaisuusmittaukset

#### 3.3.1 Mittausten toteuttaminen

Pyöriteiden tasaisuusmittaukset suoritettiin 29.8. - 20.9. välisenä aikana. Polkupyörään kertyi kilometrejä työn aikana 720 km, joista varsinaista inventointiajoa 620 km. Kajaanin, Kuusamon ja Kalajoen seutu mitattiin kahden henkilön voimin. Tällöin toinen pyöräili ja toinen ajoi auton valmiiksi pyörätien toiseen päähän. Tämä oli tehokasta varsinkin mäkisellä Kajaanin alueella, koska pyöräily voitiin suorittaa mahdollisimman usein alamäkeen.

Tierekisterin mukaiset pyöriteiden tasaisuudet mitattiin samaan tapaan kuin ajopaaneelin testiosuuksien tasaisuudet. Osuuksien mittausjärjestys ja pituus kirjoitettiin muistiin. Kun useita osuuksia oli mitattu, tavallisesti yhden kunnan kaikki pyörätiet sopivat spektrianalysointia muistiin (40 km), mittauksien tiedot purettiin tietokoneeseen. Tasaisuustiedot muokattiin myöhemmin Excel-tilukkolaskentaohjelmalla. Tällöin mittauksien tietoon lisättiin tiennumero, tieosa, ajorata, tierekisterin alku- ja loppupiste, ja mitattu pituus muutettiin rekisterin mukaiseksi. Jokaisesta erillisestä mitatusta osuudesta tehtiin erillinen tiedosto. Tiedostonimestä kävi myös ilmi mittausuunta, joko tierekisterissä olevan mitan suuntaisesti tai sitä vastaan. Myöhemmin mitattaessa tasaisuudet uudelleen tiedetään mitata juuri sama puoli pyörätiestä kuin aikaisemmin.

Pyörän nopeuden pitäminen tasan 20 km/h onnistui hyvin tasaisella pyörätiellä. Ali-  
kulkujen kohdalla tasan nopeuden ylläpito oli huomattavasti vaikeampaa, sillä ali-



kulkuun mentäessä nopeus pääsi lähes aina karkaamaan. Jos vielä spektrianalysointin nopeuden mittausta tapahtumaan juuri nopeuden ollessa suurimmillaan, alikulusta poistuminen suurta nopeutta ylläpitäen ei aina onnistunut. Tämä ongelma poistuu jatkossa, kun tasaisuusmittaus suoritetaan Roadmanilla, jolloin nopeuden mittausta on jatkuvaa.

Mittauksen aloitus- ja lopetuskohdissa syntyi välillä vaaratilanteita, sillä tavallisesti pyörätie alkaa risteyksestä suojatien kohdalta. Tällöin risteyksissä autojen seassa pyöräily, nopeudella 20 km/h, oli välillä niin vaarallisen tuntuista, että pyörään asennettu varoitusvilkku ei välttämättä ole huono ajatus.

### 3.3.2 Tasaisuustilanne

Tasaisuusmittauksista luodut Excel-tasaisuustiedostot (336 kpl) siirrettiin tietokantaan, jonka avulla tasaisuustietojen seulonta tapahtui. Seulonnan perusteella voidaan todeta tiepiirin pyöriteiden olevan tasaisuudeltaan hyvässä kunnossa (taulukko 13). Erittäin hyviä pyöriteitä oli 248.3 km (67.1 %) ja kunnostettavia vain 36.2 km (9.8 %). Vaurioihin verrattuna pyörätiet olivat tasaisuudeltaan jonkin verran huonommassa kunnossa. Toimenpiderajan (> 240 mm / 10 m) ylittäviä pyöriteitä oli yli kolminkertainen määrä verrattuna vaurioiden perusteella saatuihin määriin. Alueellisesti tarkasteltuna Kajaanin tuotantoalueella on tasaisimmat pyörätiet, joista vain 7.3 % vaatii korjaustoimenpiteitä. Oulun ja Ylivieskan tuotantoalueella pyörätiet olivat tasaisuudeltaan hyvin samanlaisia ja kunnostettavia pyöriteitä oli noin 10 %.

Taulukko 13. Oulun tiepiirin pyöriteiden määrät eri kuntotasoissa tasaisuuden mukaan jaoteltuna.

Kuntotaso/ tasaisuus (mm/10m)	Yhteensä		Tuotantoalue					
			Oulu		Ylivieska		Kajaani	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Erittäin hyvä ≥0 ja ≤140	248.3	67.1	89.5	64.9	90.5	63.7	68.4	76.0
Hyvä >140 ja ≤190	57.4	15.5	22.3	16.2	25.0	17.6	10.1	11.2
Keskinkertainen >190 ja ≤240	27.9	7.5	11.2	8.1	11.8	8.3	4.9	5.4
Huono >240 ja ≤290	15.3	4.1	6.7	4.9	6.3	4.4	2.3	2.6
Erittäin huono >290	20.9	5.7	8.1	5.9	8.5	6.0	4.3	4.8
Yhteensä	369.8	100.0	137.8	100.0	142.1	100.0	90.0	100.0
>240	36.2	9.8	14.8	10.7	14.8	10.4	6.6	7.3

Taulukon 13 osoittama pyöriteiden kuntotasojakauma on yleisesti ottaen hyvin samankaltainen kuin vaurioiden perusteella saatu kuntotasojakauma. Ainoastaan erittäin huonoilla pyöriteillä on suurehko eroavaisuus. Tämän vuoksi tarkasteltiin tasaisuus- ja vauriotietojen avulla erikoistapauksia. Näissä tapauksissa tasaisuus on erittäin huono mutta samanaikaisesti vaurioita vähän. Kuten taulukosta 14 voidaan havaita, vaurioituneilla kohteilla on hyvin harvoin tasaista. Sen sijaan inventoiduista

pyörateistä löytyi lähes 10 km sellaisia osuuksia, joissa vaurioiden määrä on erittäin vähäinen (vauriokuntoluokitus erittäin hyvä), mutta tasaisuus siitä huolimatta erittäin huono. Nämä kohteet ovat ilmeisesti kuntien keskustoissa sijaitsevia reunakiveyksellisiä osuuksia. Reunakiveykset huonontavat tasaisuusarvoja huomattavasti, mutta niitä ei ole kuitenkaan laskettu mukaan vauriosummaan.

Taulukko 14. Ristiriitaisten kuntotietojen pituudet

Vauriotaso	Tasaisuustaso	Pituus (km)
Erittäin hyvä	Erittäin huono	9.8
Erittäin huono	Erittäin hyvä	1.1

### 3.4 Kuntoluokituksen tulokset

Lopullisessa kuntoluokituksessa otettiin tasaisuus- ja vauriotiedot yhtäaikaan huomioon aikaisemmin esitetyn periaatteen mukaisesti. Koska vauriotiedot oli inventoitu 100 m jaksoissa, mutta tasaisuustiedot olivat 10 m välein, jaettiin vauriotiedot myös 10 m tiedoiksi. Tällöin oli mahdollista määrätä tietyn 10 m pitkän pyörätieosuuden kuntotaso huonoimman vaurio- tai tasaisuustason perusteella. Lopullisen kuntotasetietojen seulonta tapahtui tielaitoksen tietokantajärjestelmien avulla.

Lopullisesta kuntoluokituksesta (taulukko 15) voidaan todeta erittäin hyvien pyörateiden osuuden olevan 48 % mitatuista pyörateistä. Hylkäysrajan ylittäviä pyörateita oli 44 km (12 %), joista suurin osa johtui epätasaisuudesta. Alueellisesti erot olivat hyvin pieniä. Ylivieskan tuotantoalueella ovat pyörätiet hieman tiepiirin keskiarvoa huonommassa kunnossa ja vastaavasti Kajaanin tuotantoalueella keskiarvoa paremmassa kunnossa.

Taulukko 15. Tiepiirin pyörateiden kuntojakauma.

Kuntotaso	Yhteensä		Tuotantoalue					
	Km	%	Oulu		Ylivieska		Kajaani	
			Km	%	Km	%	Km	%
Erittäin hyvä	177.0	47.9	65.4	47.5	59.1	41.6	52.6	58.4
Hyvä	107.7	29.1	40.5	29.4	45.5	32.0	21.7	24.1
Keskinkertainen	41.0	11.1	15.0	10.9	18.6	13.1	7.4	8.2
Huono	20.6	5.6	8.2	6.0	8.8	6.2	3.6	4.0
Erittäin huono	23.5	6.4	8.7	6.3	10.1	7.1	4.7	5.2
Summa	369.8	100.0	137.8	100.0	142.1	100.0	90.0	100.0
≥Hylkäysraja	44.1	11.9	16.9	12.3	18.9	13.3	8.3	9.2

Vertailun vuoksi tiepiirin korjausta vaativien päällystettyjen yleisten teiden osuus on noin 17 %. Tähän verrattuna korjattavien pyörateiden määrä 12 % näyttää olevan järkevällä tasolla. Liitteessä 9 on esitetty kartalla korjaustoimenpiteitä vaativat pyörätieosuudet, joita on lähes kaikissa tiepiirin pyörateissa lyhyinä osuuksina. Pisin yhtäjaksoinen korjausta vaativa pyörätieosuus sijaitsee välillä Haukipudas-Kello. Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan pyörateiden kunnostustoimenpiteitä järkeistää myös niin että, kunnostettaessa jonkin alueen yleistä tietä voidaan paikalla olevalla



kalustolla helposti kunnostaa myös liitteen 9 osoittamat pyörätiet. Korjausta vaativista pyöräteistä voidaan piirtää liitteessä 10 esitetyn kaltainen kartta, jolloin saadaan tarkasti selvitettyä huonoimpien pyörätieosuuksien sijainti 10 metrin tarkkuudella.



## 4 YHTEENVETO

Tielaitoksella ei ole aikaisemmin ollut pyöriteiden kunnossapidon hallintajärjestelmää, jolloin kunnossapito pyöriteiden osalta ei ole ollut järjestelmällistä ja tehokasta. Kunnossapidon ohjausta varten tässä työssä kehitettiin järjestelmä, jonka avulla saadaan mitattua tietoa pyöriteiden vaurioista ja tasaisuudesta. Kuntotietoa voidaan käyttää jatkossa yleisillä teillä käytössä olevan PMS- tyyppisen hallintajärjestelmän luomiseen myös pyöriteille.

Koska aikaisempaa tietoa pyöriteiltä vaadittavasta kuntotasosta ei ollut, järjestettiin paneelitutkimus, jonka avulla pyrittiin löytämään pyöriteilijöiden pyöriteiltä vaatima kuntotaso. Paneelitutkimuksessa 10 pyöriteilijää arvosteli kuntotasoltaan erilaisia testiosuuksia. Testiosuuksien vauriot ja tasaisuudet mitattiin. Tasaisuuden mittauksessa käytettiin polkupyörää, jonka takarenaan keskiöön oli asennettu pietsosähköinen kiihtyvyysanturi ja kiihtyvyysanturin mittaussignaalia käsiteltiin pyörän ohjaussarveen asennetulla spektrianalyysaattorilla. Spektrianalyysaattorilla mitattiin 12 pyörätien pinnan epätasaisuudesta aiheutuvan värinän aallonpituutta. Aallonpituudet olivat alueella 0.17 m - 7.85 m. Mittaustuloksena saatiin eri aaltoalueilla tapahtuvan kiihtyvyysanturin kokonaispystyliikemäärä mm / 10 m. Testiosuuksien vaurioinventointi tapahtui samaan tapaan kuin yleisillä teillä ja vaurioiden määrää kuvattiin käsitteellä vauriosumma, joka kuvaa vaurioituneen pyörätien pinnan pinta-alaa neliömetreinä.

Testiosuuksien arvostelun perusteella löydettiin vaurioille ja tasaisuudelle perustuvat toimenpiderajat ja pyöriteilijälle haitallisimmat värinän aallonpituudet. Mitattaviksi värinän aallonpituuksiksi saatiin aaltoalueet 0.17 m - 2.78 m. Minkään yksittäisen värinän aaltoalueen ei todettu voimakkaasti alentavan pyöriteilijöiden kokemaa kuntotasoa, vaikka ISO 2631-normi osoittaa istuvan ihmisen haitallisimman värinän aallonpituusalueen. Kuitenkin värinä vaikuttaa pyöriteilijään myös jalkojen ja käsien kautta, jolloin normia ei voida suoraan soveltaa haittakertoimien määrittämiseen. Lisäksi todettiin mittausten perusteella suurimman epätasaisuuden sijaitsevan likimain normin osoittamalla alueella, jolloin nämä aaltoalueet korostuvat anturin liikemäärän summaa laskehtaessa.

Paneelitutkimuksen perusteella laadittiin vaurioille ja tasaisuudelle 5 luokkainen kuntoluokitus. Kunnostustoimenpiteitä aiheuttavaksi epätasaisuuden raja-arvoksi määritettiin 240 mm / 10 m. Epätasaisuuden ylittäessä tämän arvon enemmistö pyöriteilijöistä (>50 %) kokee epätasaisuuden niin epämiellyttäväksi, että pyörätie vaatii korjaustoimenpiteitä. Samalla kriteerillä määritettiin vaurioiden raja-arvoksi vauriosumma 100 m<sup>2</sup>. Taulukossa 16 on esitetty vaurioiden ja tasaisuuden kuntotasorajat.

Taulukko 16. Vaurioiden ja tasaisuuden kuntotasorajat

Kuntotaso	Vauriosummarajat (m <sup>2</sup> /100m)	Tasaisuusrajat (mm/10m)
Erittäin hyvä	≥ 0 - ≤ 5	≥ 0 - ≤ 140
Hyvä	> 5 - ≤ 50	> 140 - ≤ 190
Keskinkertainen	> 50 - ≤ 100	> 190 - ≤ 240
Huono	> 100 - ≤ 150	> 240 - ≤ 290
Erittäin huono	> 150 - ≤ 300	> 290

Oulun tiepiirin pyöriteiden vaurioinventointi suoritettiin 22.5 - 21.6 välisenä aikana. Inventointi tapahtui henkilöautolla ja vauriot kirjattiin vaurioinventointilomakkeille. Mitatut vauriot siirrettiin myöhemmin lomakkeilta tielaitoksen tietokoneille. Tasaisuuden mittaus suoritettiin 29.8 - 20.9 välisenä aikana ja mittausten tuloksena syntyneet tasaisuustiedostot siirrettiin samaan tietokantaan vauriotietojen kanssa tulosten tarkastelua varten.

Vaurio- ja tasaisuusmittausten perusteella todettiin tutkimuksessa saatujen raja-arvojen mukaan Oulun tiepiirin pyöriteiden kunnan olevan erittäin hyvä. Pyöriteiden mitatusta 370 km:stä vain 44 km eli 12 % oli toimenpiderajan ylittäviä. Pyöriteistä lähes puolet olivat erittäin hyvässä kunnossa. Alueellisesti Ylivieskan tuotantoalueella sijaitsevat pyörätiet olivat huonoimmassa kunnossa. Alueella oli 19 km kunnostettavaa pyörätietä.

Tämän työn tulosten avulla voidaan kunnossapidon ohjausta tehostaa siten, että korjattavien yleisten teiden läheisyydessä olevat huonokuntoiset pyörätiet korjataan samalla kertaa. Tällöin kaluston käyttö on tehokkaampaa ja siirtoajat vähenevät. Jatkossa tässä työssä kehitettyä tasaisuuden mittauslaitteistoa voidaan käyttää myös uusien pyöriteiden laaduntarkkailussa.

Pyöriteiden kunnossapidon hallintajärjestelmä vaatii vielä runsaasti kehitystyötä. Suurin puute on KVL-tietojen puuttuminen, joiden avulla kunnostettavat pyörätiet voitaisiin asettaa toimenpidejärjestykseen. Myöskään nykyinen tierekisteri ei tarjoa riittävää tarkkuutta pyöriteiden kuntotietojen sitomiseksi kartalle, koska pyöriteiden pituus ja sijainti ovat useissa paikoissa hyvin erilaisia kuin tierekisteri tällä hetkellä osoittaa. Jatkossa on syytä pohtia tarvitsisiko pyöriteille rakentaa täysin oma rekisterinsä. Myöskin hyvin perustavaa laatua olevat tiedot kantavuuksista ja pyöriteiden päällysteen laadusta ja iästä puuttuvat vielä tässä vaiheessa täysin. On tehtävä myöskin runsaasti kehitystyötä, jotta tasaisuusmittaustietojen siirtäminen tielaitoksen tietokantoihin olisi helppoa ja nopeaa.

Pyöriteiden kunnossapidon hallintajärjestelmä olisi varmasti järkevää markkinoida myös kaupungeille. Kaupungeissa pyöriteillä huomattavasti enemmän kuin tielaitoksen pyöriteillä, jotka sijaitsevat pääasiassa maaseudulla ja kaupunkien ulkopuolella. Kaupungeilla olisi myös tietoa liikennelaskentojen avulla saaduista liikennemääristä, jolloin toimenpidejärjestystä kyettäisiin suunnittelemaan KVL-tietojen pohjalta. Kuntotietojen kerääminen kaupunkialueella olisi myöskin tehokasta ja halpaa, koska siirtomatkat kohteelta toiselle olisivat huomattavasti lyhyemmät kuin tielaitoksen pyöriteillä.

Tulevaisuudessa pyöriteilyn merkityksen yhä kasvaessa myös pyöriteiden PMS-järjestelmää tulisi kehittää samaan suuntaan kuin PMS-järjestelmä, joka toimii nykyisin yleisillä teillä. Tämä vaatii vielä runsaasti aikaa ja työtä, mutta tässä työssä kehitetty kuntotietojen hallintajärjestelmä toimii tällöin hyvänä pohjana järjestelmän jatkokehittämiselle.



## 5 KIRJALLISUUSLUETTELO

- Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1982. Pyörätiet ja kävelyalueet. Helsinki. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1982:36. ISBN 951-793-687-7
- ISO 2631. Ihmisen herkkyys eri taajuuksisille värinöille. Kimmo Simomaa kopiot 9.8.1995, 9 s.
- Kuivalainen, J. et al. 1986. Liikenteen suunnittelu. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 321 s. ISBN 951-721-051-5.
- Liikenneministeriö. 1993a. Pyöräilyn kaksinkertaistamisen hyödyt ja kustannukset. Liikenneministeriön julkaisuja 1993:21. Helsinki. 59 s. ISSN 0783-2680.
- Liikenneministeriö. 1993b. Pyöräilypoliittinen ohjelma. Liikenneministeriön julkaisuja 1993:20. Helsinki. 76 s. ISSN 0783-2680.
- Männistö, V., Kanto, A. Faktorianalyysin tulokset.
- Naskila, A. 1985. Pyöräily ja pyörätiet Helsingissä. Tie- ja liikenne, no 3, s. 108-110.
- Oulun kaupunki. 1993. Oulun pyöriteiden kunto ja pyörätieverkon korjaustyöt. 14 s.
- Oulun seudun liikennetutkimus. 1990. Kevyen liikenteen tutkimukset.
- Rasmussen, G. 1982. Human body vibration exposure and its measurement. Nærum. Technical Review. 1982:1. 35 s. ISSN 0007-2621.
- Tielaitos. 1992. Päällystevaurioiden inventointi. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1992:11. Tampere. 48 s.
- Tielaitos. 1995a. Tielaitoksen esittelylehtinen.
- Tielaitos. 1995b. Tietoja Oulun tiepiirin yleisistä teistä. 67 s.
- CCD-Fotoniikka Oy. 1995. Tien tasaisuuden analysaattori, käyttöohje. 6 s.
- Westlin, H. 1987. Päällystettyjen teiden kunnossapidon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmät. TVH, Kunnossapitotoimisto. 194 s. ISBN 951-47-0987-X
- Wigan & Caimey. 1986. Road and Track Roughness Factors for Bicycle Usage. In: Vehicular Simulation and User Behavioral Studies. Washington, D.C. TRB. Transportation Research Record 1059. ss. 87-103. ISBN 0-309-04053-1



## 6 LIITTEET

- Liite 1. Kevyen liikenteen väylien vaurioinventointiohje
- Liite 2. Vaurioinventointilomake
- Liite 3. Esimerkki tasaisuudenmittauslaitteen mittaustuloksista
- Liite 4. Ajopaneelin kyselylomake
- Liite 5. Ajopaneelien tulokset
- Liite 6. Ajopaneelin testiosuuksien vaurioinventoinnin tulokset
- Liite 7. Tilastokäsittelyssä käytetty tiedosto
- Liite 8. Yleiskartta Oulun tiepiirin alueen pyöräteistä
- Liite 9. Kartta Oulun tiepiirin kuntotason alittavista pyöräteistä
- Liite 10. Karttaesimerkki kuntotasoluokituksesta li:n keskustassa

## VAURIOINVENTOINTIOHJE

### SISÄLLYSLUETTELO:

1	VAURIOINVENTOINNIN MERKITYS	1
2	VAURIOINVENTOINNIN VALMISTELU	2
2.1	Tarvittavat lähtötiedot ja tarkastelujaksojen määrittely	2
2.2	Reitin valinta ja suunnittelu	2
3	INVENTOINTILOMAKE	3
3.1	Lomakkeen rakenne ja esitäyttäminen	3
3.2	Inventointitulosten merkitseminen lomakkeille	3
4	VAURIOINVENTOINTI	3
4.1	Suoritusajankohta ja tarkastelualue	3
4.2	Inventoinnin suoritustapa	4
5	VAURIOITYYPIT	4
5.1	Yleistä	4
5.2	Poikkihalkeama	4
5.3	Pituushalkeama	5
5.4	Verkkohalkeama	6
5.5	Reunapainuma	7
5.6	Reiät	7
6	MUUT INVENTOITAVAT TIEDOT	8
6.1	Leveys	8
6.2	Poikkisauma	8

## **1 VAURIOINVENTOINNIN MERKITYS**

Kattava ja tarkka vaurioinventointi luo pohjan systemaattiselle koko tiepiirin kevyen liikenteen väylästöjen kunnon tarkastelulle. Kuntorekisterissä olevat vauriotiedot toimivat päättäjien "silminä" ja kertovat, missä kunnossa väylän päällyste on ja syyn siihen, miksi päällyste on vaurioitunut. Järjestelmällisellä vaurioinventoinnilla saataan kaikki väylät yhteismitallisiksi päällysteen kuntoa arvioitaessa.

## **2 VAURIOINVENTOINNIN VALMISTELU**

### **2.1 Tarvittavat lähtötiedot ja tarkastelujaksojen määrittely**

Inventoitavat kohteet valitaan piirikohtaisten kriteerien mukaan. Inventointi-kohteet kootaan yhdeksi listaksi, mistä ilmenee yleiset tiet, joiden varrella väylät sijaitsevat. Listasta tulee käydä ilmi teiden osoite- ja kiintopistetiedot sekä väylän aloituspiste ja pituus.

Inventointiin valittujen tieosien kokonaisuuden hahmottamiseksi tulee olla käytössä tienumerokartta, piirin tieosien solmupisteluettelo ja karttoja, joista voi todeta väylien tarkan sijainnin ja kulun.

### **2.2 Reitin valinta ja suunnittelu**

Tienumerokartan, johon on merkitty tieosat, joiden varrella inventoitavat väylät sijaitsevat hahmotetaan inventointiryhmien välistä työjakoa ja päivittäisiä työrupeamia.

Inventointireitti tulee valita siten, että siirtoajot jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Reittiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon majoituspaikat ja inventointisuoritteen kokoluokka n. 4 km inventoitua väylää/maastotyötunti. Vaurioiden runsas määrä hidastaa työtä. Lisäksi on huomioitava, että sateella inventointia ei voi jatkaa.

Reitin valinnalla voidaan vaikuttaa inventointityöhön. Työ suorituksen kannalta edullisin inventoinnin etenemissuunta on sellainen, että aurinko on ajoneuvosta katsottuna suoraan edessä. Tällöin halkeamiin syntyy varjo, jonka perusteella vaurio on helpommin havaittavissa.



### 3 INVENTOINTILOMAKE

#### 3.1 Lomakkeen rakenne ja esitäyttäminen

Inventointityössä käytetään erillistä inventointilomaketta vauriotietojen keräämiseen. Lomakkeen yläosassa on nimiöosa. Nimiöosan ylimmäinen osa sisältää tieosan tiedot, jonka varrella kevyen liikenteen väylä sijaitsee. Alimmainen osa sisältää inventoitavan väylän tiedot. Ajourata 3 on tien oikealla puolella kulkeva väylä ja ajorata 4 tien vasemmalla puolella kulkeva väylä. Nimiöosan alapuolella sijaitsee varsinainen inventointitulosten keräämisosa.

Lomakkeen esitäyttäminen tulee tehdä ennen varsinaisen maastotyön aloittamista. Lähtötietoina käytetään tarkasteltavien osuuksien tierekisteritietoja, solmupisteluetteloa ja tierekisterikarttoja.

Lomakkeen kääntöpuolelle on mahdollista lisäselvittää pahimpia vaurioita. Tällaiset vauriot tarvitsevat pikaisia/suuria korjaustoimenpiteitä. Tietoa vaurioista voidaan lomakkeen avulla välittää esimerkiksi tiemestareille.

#### 3.2 Inventointitulosten merkitseminen lomakkeille

Inventoitava tarkastelujakso jaetaan 100 m tarkasteluväleihin. Kultakin 100 m osuudelta merkitään vauriot samalle riville. Vauriot merkitään lomakkeen inventointiosaan kukin vauriotyyppi omaan sarakkeeseensa.

### 4 VAURIOINVENTOINTI

#### 4.1 Suoritusajankohta ja tarkastelualue

Vaurioinventointi tehdään kevättrouduksen sulamisen aikana huhtikuussa ja toukokuussa riippuen kevään edistymisestä ja hiekoitushiekan harjauksen edistymisestä. Hiekan harjauksen eteneminen tahdittaa myös inventoinnin, sillä vauriot eivät näy hiekan alta.

Tarkastelualueena on kevyen liikenteen väylä koko leveydeltään. Pääväylältä erkanevat mahdolliset liityntäpätkät jätetään inventoimatta, kuten myöskin ylimääräiset lenkit esim. linja-autopysäkeille ja mahdolliset levennykset.

Päällystevauriot inventoidaan aina 100 metrin osuuksina. Ainoastaan väyläosan alku- ja loppuosassa voi olla 100 metriä lyhyempi osuus.

Inventoitavan väyläosan aloituspiste on risteyksien yhteydessä risteävien teiden keskilinjien leikkauspisteessä. Alikulkujen kohdalla piste sijaitsee alikulun keskipisteessä.

## 4.2 Inventoinnin suoritustapa

Vaurioinventoinnissa inventointiajoneuvolla ajetaan kevyen liikenteen seassa. Mitausnopeus on 3-6 km/h eli käytetään ajoneuvon 1-vaihdetta. Ajettaessa alikulkujen läpi on noudatettava erityistä varovaisuutta mopojen osalta. Tällöin olisikin syytä aina käyttää auton äänimerkkiä.

# 5 VAURIOITYYPIT

## 5.1 Yleistä

Vaurioinventoinnissa inventoidaan seuraavat vauriotyypit:

- poikkihalkeamat	[kpl]
- pituushalkeamat	[m]
- verkkohalkeamat	[m]
- reunapainumat	[m]
- reiät	[m <sup>2</sup> ]

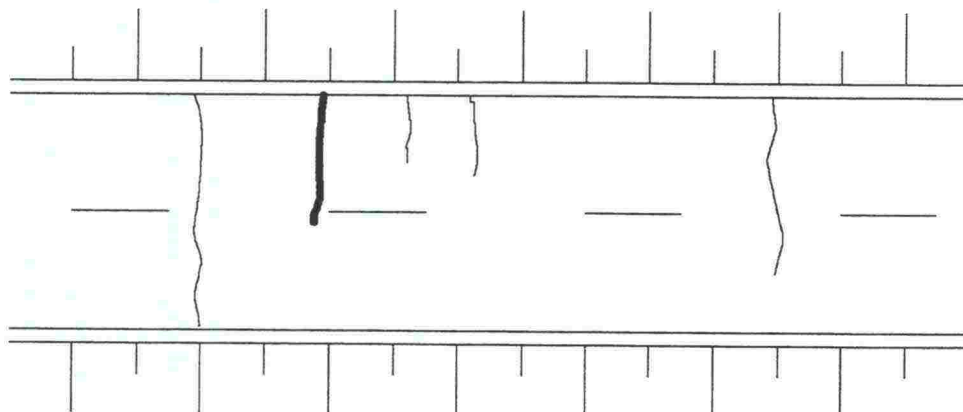
Lisäksi väylän leveys mitataan ja päällysteen poikkisaumat merkitään, jos halutaan näistä tiedot rekisteriin.

## 5.2 Poikkihalkeama

### Vaurion kuvaus ja inventointi

Poikkihalkeamaksi merkitään, pituudeltaan vähintään puolet väylän leveydestä, tien poikkisuunnassa oleva halkeama. Jos poikkihalkeama kiemurtelee enemmän kuin noin kahden metrin leveydellä, se lasketaan pituushalkeamaksi. Poikkihalkeamat inventoidaan kappalemäärinä. Lähekkäin olevat ja pituudeltaan alle puolet väylän leveydestä olevat poikkihalkeamat lasketaan yhteen ja merkitään yhtenä lukuna.

Poikkihalkeamat jaetaan kolmeen luokkaan. Siistit poikkihalkeamat, joissa ei ole havaittavissa avoimuutta ja halkeilua, inventoidaan pakkaskatkoina. Alle 2 cm leveät halkeamat luokitellaan kapeiksi ja yli 2 cm leveät luokitellaan leveiksi poikkihalkeamiksi. Halkeama luokitellaan aina leveäksi jos halkeaman jokin osa on 2 cm leveä.

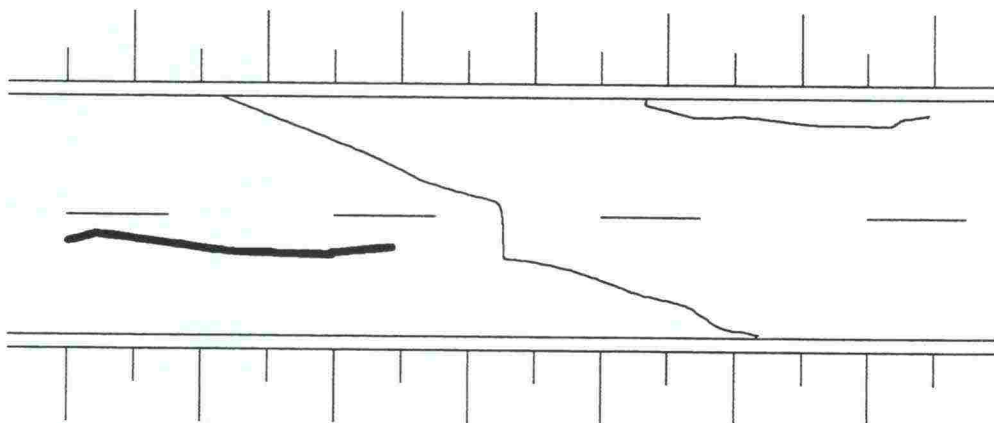


Kuva 1. 3 kpl:tta kapeita poikkihalkeamia ja 1 leveä poikkihalkeama

### 5.3 Pituushalkeama

#### Vaurion kuvaus ja inventointi

Pituushalkeamiin luetaan tien suuntaiset halkeamat ja vinot halkeamat. Pituushalkeamat inventoidaan halkeaman suunnassa metreinä. Halkeamaleveyden mukaan pituushalkeamat jaetaan kolmeen luokkaan hiushalkeamiin (vain millimetrien luokkaa), kapeisiin (alle 1.5 cm levyiset) ja leveisiin (yli 1.5 cm levyiset). Halkeaman vinous otetaan huomioon pituutta arvioitaessa. Jos päällysteessä on esimerkiksi kolme rinnakkaista 10 metrin mittaista halkeamaa, lasketaan jokainen halkeama erikseen. Kaksi rinnakkaista pituushalkeamaa inventoidaan kuitenkin yhtenä halkeamana, jos halkeamat ovat hyvin lähellä toisiaan (et. noin 20 cm). Kaikki epävarmat halkeamat merkitään pituushalkeamiksi.



Kuva 2. 13 metriä kapeaa ja 5 metriä leveää pituushalkeamaa



## 5.4 Verkkohalkeama

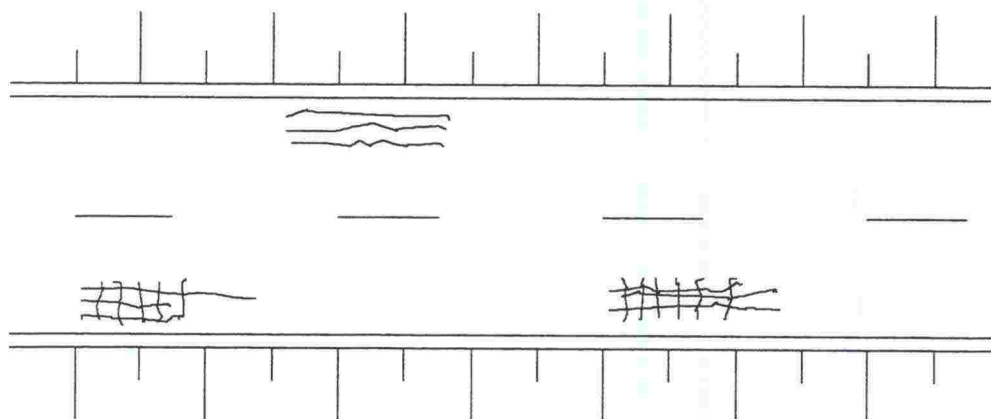
### Vaurion syy

Verkkohalkeama syntyy päällysteen väsymisen seurauksena väylän heikon kantavuuden ja raskaiden kunnossapitokoneiden yhteisvaikutuksesta. Satunnaiset verkkohalkeamakuviot aiheutuvat epätasaisesta routimisesta tai päällysteen kutistumisesta.

### Vaurion kuvaus ja inventointi

Verkkohalkeamat ovat monikulmiomaisia halkeamia. Verkkohalkeamassa lohkot voivat olla selvästi irrallaan tai hiushalkeaman erottamia. Vaurio sijaitsee yleensä väylän reunoilla. Verkkohalkeama inventoidaan neliömetreinä. Kun rinnakkaisia pituushalkeamia on n. 0.5 metrin leveydellä kolme tai enemmän, inventoidaan vaurioalue verkkohalkeamaksi. Näin menetellään siksi, että kyseisen alueen kantavuus ei enää vastaa ehjän päällysteen kantavuutta. Verkkohalkeaman leveys voi olla muutamasta kymmenestä sentistä useaan metriin.

Verkkohalkeaman läpi selvästi kulkevat isot halkeamat inventoidaan erikseen. Myös verkkohalkeaman keskellä olleet reiät inventoidaan ja niistä aiheutuvat vaurioneliöt vähennetään verkkohalkeaman alasta.



Kuva 3. 6 m<sup>2</sup> verkkohalkeamaa

## 5.5 Reunapainuma

### Vaurion syy

Reunapainuma johtuu väylän puutteellisen reunatuen ja kunnossapitokaluston kuorituksen yhteisvaikutuksesta. Huono kuivatus, alusrakenteen puutteellinen tiiviys ja kosteuden vaihtelu vaikuttavat painumien syntyyn.

## 5.5 Reunapainuma

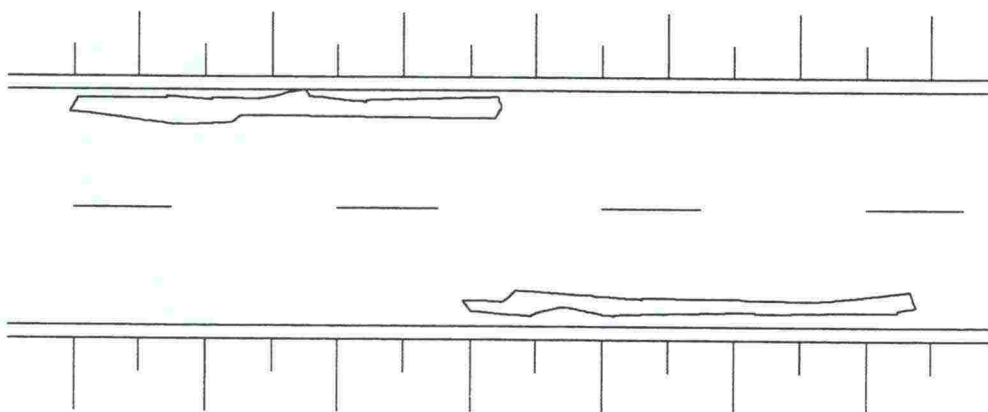
### Vaurion syy

Reunapainuma johtuu väylän puutteellisen reunatuen ja kunnossapitokaluston kuorituksen yhteisvaikutuksesta. Huono kuivatus, alusrakenteen puutteellinen tiiviys ja kosteuden vaihtelu vaikuttavat painumien syntyyn.

### Vaurion kuvaus

Reunapainumalla tarkoitetaan väylän reunassa olevaa pituussuuntaista painumaa. Reunapainuma inventoidaan juoksumetreinä.

Mikäli reunapainuma aiheuttaa toimenpiteitä (mursketta tai tasausmassaa) ennen seuraavan päällystekerroksen levittämistä on se merkittävä lomakkeelle. Muussa tapauksessa reunapainuma jätetään merkitsemättä. Painuman pohjalla oleva verkko- tai pituushalkeama on kirjattava.

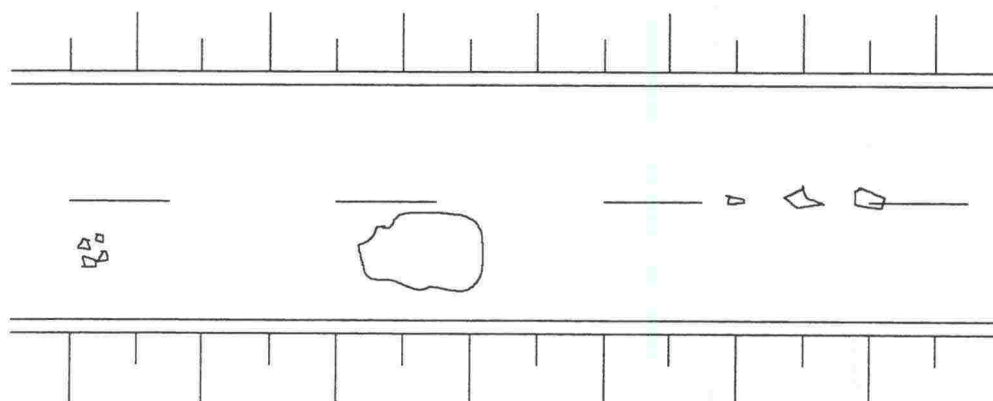


Kuva 4. 13 metriä reunapainumaa.

## 5.6 Reiät

### Vaurion syy

Reikiä aiheuttavat pääasiassa kunnossapitokoneet. Väylän epätasaisuudesta johtuen aurat talvella särkevät töyssyjen kohdalla päällysteen pinnan. Epätasaisuutta voivat aiheuttaa myös epätasainen routiminen, roudan nostamat kivet ja rummun kohdat.



Kuva 5. 5 m<sup>2</sup> reikää

## 6 MUUT INVENTOITAVAT TIEDOT

Tierekisteriä varten kerätään lisätietoja, kuten leveys ja poikkisaumatietoja. Lisätietoja ei kerätä myöhemmin päivitettäessä kuntotietoja.

### 6.1 Leveys

Tierekisterin päivittämiseksi kevyen liikenteen väylien leveystiedot kartoitetaan. Leveys mitataan 10 cm tarkkuudella. Leveys merkitään sarakkeeseen aina aloitettaessa uuden väylän arviointi ja väylän leveyden selvästi muuttuessa.

### 6.2 Poikkisauma

Tierekisteriä varten päällystetietojen kokoamisen helpottamiseksi kerätään poikkitaisten työsaumojen sijainti. Työsauman kohdalla vaihtuu päällystelaji tai päällysteen ikä voi muuttua. Poikkisauma -sarakkeeseen merkitään saumojen määrä ja lisätietoja -sarakkeeseen merkitään saumojen paalulukemat.



VAURIOINTILOMAKE

TIE

TIEOSA

SIVU

PVM

INVENTOIJAT

TIEREKISTERIOSOITE

Tieosa

Ajorata

Mitattu etäisyys

Kuvaus

ALKUPISTE

LOPPUPISTE

KM	Paaluväli 100 m	Poikkihalkeamat (kpl)			Pituushalkeamat (m)			Muut vauriot (m2)		(m)	Rekisteritieto		Lisätiedot
		Pakkas- katkot	Kapea	Leveä	Hius	Kapea	Leveä	Verkko- halkeama	Reikä	Reuna- painuma	Leveys	Poikki- sauma	
	0-1												
	1-2												
	2-3												
	3-4												
	4-5												
	5-6												
	6-7												
	7-8												
	8-9												
	9-0												
	0-1												
	1-2												
	2-3												
	3-4												
	4-5												
	5-6												
	6-7												
	7-8												
	8-9												
	9-0												

Jatkuu kääntöpuolella

## Esimerkki tasaisuusmittauslaitteen mittaustuloksista

LOPPU	31.4	22.2	15.7	11.1	7.85	5.55	3.92	2.78	1.96	1.39	0.98	0.69	m	SUM	NOP	IRI80
	7.85	5.55	3.92	2.78	1.96	1.39	0.98	0.69	0.49	0.35	0.25	0.17	m	SUM	NOP	99.9
10	32	15	2	4	1	1	1	1	1	1	2	2		43	8	99.99
20	94	34	25	56	4	3	6	23	13	26	31	30		245	8	99.99
30	132	99	58	139	82	59	79	191	127	77	89	60		989	14	99.99
40	165	122	129	110	120	33	48	53	34	21	18	28		850	14	99.99
50	134	74	50	78	59	40	30	29	29	31	17	6		516	14	99.99
60	50	27	41	51	32	26	21	13	12	22	5	2		293	17	99.99
70	36	53	27	35	21	18	12	10	17	14	6	2		241	17	99.99
80	76	22	28	19	19	13	7	11	18	11	3	0		194	17	99.99
90	40	34	8	24	14	15	5	10	21	15	3	0		163	20	99.99
100	26	26	14	20	17	12	13	17	25	18	6	2		173	20	99.99
110	53	32	36	23	48	31	24	41	40	36	3	2		335	20	99.99
120	25	29	32	25	31	17	15	28	32	28	5	10		252	23	99.99
130	9	6	17	40	22	27	14	33	34	16	5	1		220	23	99.99
140	28	18	9	13	26	15	20	22	20	10	4	10		168	23	99.99
150	17	11	4	10	10	8	6	24	25	11	3	41		110	23	99.99
160	23	8	9	19	15	10	21	44	59	18	6	18		201	27	99.99
170	32	10	14	25	23	20	25	37	32	12	3	1		217	27	99.99
180	10	9	11	10	19	28	32	47	42	9	3	1		210	27	99.99
190	23	7	6	18	13	26	27	39	39	5	1	0		190	27	99.99
200	16	11	9	7	17	30	45	51	60	12	4	0		239	28	99.99
210	10	5	10	21	49	29	45	43	57	9	2	0		274	28	99.99
220	10	22	20	25	42	43	63	52	37	4	3	2		285	26	99.99
250	30	30	17	12	16	33	44	46	30	12	1	0		257	26	99.99
260	33	40	18	11	13	19	7	20	13	3	0	0		171	26	99.99
270	31	61	31	15	18	30	40	54	35	7	1	0		322	28	99.99
280	21	37	20	27	28	54	75	54	58	10	1	0		381	28	99.99
290	8	12	17	17	10	25	50	58	30	8	1	0		237	28	99.99
300	4	24	11	15	8	15	26	21	13	1	0	0		146	28	99.99
310	5	26	10	11	9	10	9	16	9	2	0	0		113	28	99.99
320	8	13	11	9	18	7	16	25	22	4	0	0		133	30	99.99
330	22	12	16	15	11	7	12	32	23	2	1	0		149	30	99.99
340	33	12	8	13	15	16	22	18	11	2	0	0		140	30	99.99
350	33	6	14	20	25	20	29	52	22	3	0	0		218	26	99.99
360	27	18	46	24	21	46	80	60	20	5	0	0		365	26	99.99
370	19	45	33	29	44	19	33	42	20	5	3	0		308	26	99.99
380	12	32	35	35	45	20	21	40	22	4	0	0		291	26	99.99
390	6	9	9	16	13	10	23	28	21	1	0	0		140	23	99.99
400	6	3	5	15	12	9	19	31	23	8	1	0		127	23	99.99
410	7	7	13	9	9	9	13	28	26	14	3	0		127	19	99.99
420	3	14	13	7	14	8	19	21	24	13	2	1		132	19	99.99
430	5	8	35	15	8	11	21	24	28	18	2	1		177	19	99.99
440	10	5	26	12	38	25	22	30	29	30	3	1		217	15	99.99
450	18	2	9	32	29	37	35	45	76	110	13	4		305	15	99.99
460	59	9	23	41	75	35	45	39	30	30	16	4		363	15	99.99
470	69	41	37	28	54	12	16	21	13	25	11	2		295	28	99.99
480	60	34	63	41	21	7	15	18	14	15	26	5		294	28	99.99
490	22	12	26	57	30	25	26	58	53	16	24	4		329	28	99.99
500	34	8	33	43	26	26	17	29	28	8	1	0		257	28	99.99
510	28	14	27	36	34	20	46	73	62	8	2	0		347	28	99.99



## AJOMUKAVUUSTUTKIMUS

AJAJA: NAINEN: ☐ MIES: ☐

PYÖRÄ: NORMAALI  
MAASTOPYÖRÄ  
KILPAPYÖRÄ

PYÖRÄILEN: PÄIVITTÄIN  
VIIKOITTAIN  
HARVEMMIN

ARVIOITAVA PÄTKÄ	Kuntotaso					Onko hyväksyttävässä kunnossa		Kuntotasoon enemmän alentavasti vaikuttava tekijä (E tai V)*
	1	2	3	4	5	Kyllä	Ei	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								

\*) E = pituussuuntainen epätasaisuus, V = vauriot

1 ERITTÄIN HUONO, 2 HUONO, 3 KESKINKERTAINEN

4 HYVÄ, 5 ERITTÄIN HYVÄ



## AJOMUKAVUUSTUTKIMUS

Tutkimuksen tarkoituksena on antaa perustietoa, siitä kuinka polkupyöräilijä kokee kevyen liikenteen päällysteen kunnan vaikutuksen ajomukavuuteen. Annettujen pisteiden avulla pyritään löytämään toimenpiderajat väylille.

### Arviointi tapahtuu seuraavasti:

Väylää ajetaan normaalinopeudella käyttäen normaalia ajolinjaa. Reitti, jolla arvioitavat osuudet sijaitsevat ajetaan ensimmäiseksi läpi, jolloin saadaan käsitys arvioitavien osuuksien tasosta. Takaisin tullessa suoritetaan varsinainen pisteytys.

**Pisteytyksessä on otettava huomioon, että oikeita ja vääriä vastauksia ei ole, vaan sinun oma mielipiteesi väylän kuntotasosta on aina oikea.**

Pisteytykseen ei saa vaikuttaa mäkisyys, mutkaisuus, ajoympäristö, maisemat ja sää. Pisteytys suoritetaan vain wäylän pinnan kunnan perusteella.

Arvioitavien osuuksien alku- ja loppukohdat on merkitty wäylän pintaan. Osuuksilla tarkkaillaan wäylän kuntotasoa. Jokaisen osuuden jälkeen pysähdytään ja täytetään arviointilomake.

### "KUNTOTASOPISTEET"-sarake:

Arvioi sarakkeeseen ajamasi osuus käyttäen asteikkoa 1-5.

- 1 = Erittäin huono
- 2 = Huono
- 3 = Keskinertainen
- 4 = Hyvä
- 5 = Erittäin hyvä

### "ONKO HYVÄKSYTTÄVÄSSÄ KUNNOSSA"-sarake:

Jos ajamasi osuus on mielestäsi hyväksyttävässä kunnossa, merkitse ruksi sarakkeeseen "kyllä". Jos taas osuus ei vastaa käsitystäsi hyväksyttävästä wäylän kunnosta, merkitse ruksi sarakkeeseen "ei".

### "VÄYLÄN KUNTOTASOON ENEMMÄN ALENTAVASTI VAIKUTTAVA TEKIJÄ"-sarake:

Tässä sarakkeessa pyydetään valitsemaan kahdesta arvosteluun vaikuttavasta tekijästä määräävämpi. Jos antamiisi pisteisiin on vaikuttanut enemmän alentavasti tien pituussuuntainen epätasaisuus, merkitse silloin sarakkeeseen E. Jos pisteisiin on vaikuttanut enemmän alentavasti pinnan vauriot, merkitse sarakkeeseen V.

**Huom! Vain jompikumpi, ei molempia.**

**KIITOKSET VAIVANÄÖSTÄSI !**

## Haukiputaan ajopaneelin tulokset

## Sukupuoli:

Nainen 44  
Mies 17

## Pyörä:

Tavallinen 41  
Maastop. 20  
Kilpap. 0

## Pyöräilee:

Päivittäin 38  
Viikoittain 14  
Harvemmin 8

ARV. OSUUS	Kuntotaso					Onko hyv. kunnossa		Pisteitä alentava tekijä			Piste- määrä	Hyv. %
	1	2	3	4	5	Kyllä	Ei	E	V	E ja V		
1	27	29	5	0	0	2	59	2	41	15	1.6	3.3
2	37	18	5	1	0	6	55	5	31	20	1.5	9.8
3	33	19	9	0	0	5	56	10	26	21	1.6	8.2
4	0	19	31	11	0	41	20	17	23	8	2.9	67.2
5	0	0	10	47	4	59	2	18	7	3	3.9	96.7
6	7	26	24	4	0	24	37	12	30	11	2.4	39.3
7	0	11	35	13	2	47	14	20	18	6	3.1	77.0
8	0	0	2	46	13	57	4	12	8	3	4.2	93.4
9	0	2	16	40	3	54	7	21	14	2	3.7	88.5
10	0	8	27	20	6	43	18	21	11	7	3.4	70.5
11	0	1	5	42	13	57	4	11	12	2	4.1	93.4
12	0	0	1	16	44	59	2	4	2	1	4.7	96.7
13	0	2	24	31	4	52	9	14	20	5	3.6	85.2
14	0	0	0	4	57	59	2	2	1	1	4.9	96.7
15	0	2	9	42	8	55	6	15	13	4	3.9	90.2
Yht.	40	90	193	316	154	612	181	177	185	74		

## Oulun ajopaneelin tulokset

## Sukupuoli:

Nainen 6  
Mies 24

## Pyörä:

Tavallinen 18  
Maastop. 7  
Kilpap. 5

## Pyöräilee:

Päivittäin 18  
Viikoittain 6  
Harvemmin 7

ARV. OSUUS	Kuntotaso					Onko hyv. kunnossa		Pisteitä alentava tekijä			Piste- määrä	Hyv. %
	1	2	3	4	5	Kyllä	Ei	E	V	E ja V		
1	1	10	13	6		17	13	21	7		2.8	56.7
2	3	19	7	1		9	21	6	23	1	2.2	30.0
3	1	21	7	1		11	19	6	23	1	2.3	36.7
4	1	1	20	8		25	5	9	18		3.2	83.3
5		4	17	9		23	7	17	10		3.2	76.7
6		2	13	13	2	26	4	9	16		3.5	86.7
7			1	17	12	28	2	13	7		4.4	93.3
8	2	14	11	3		12	18	4	25	1	2.5	40.0
9		2	22	6		25	5	9	20		3.1	83.3
10			5	22	3	27	3	9	13		3.9	90.0
11	6	20	3		1	4	26	17	12	1	2.0	13.3
12			1	18	11	29	1	9	10		4.3	96.7
13				13	17	29	1	8	3		4.6	96.7
Yht.	14	93	120	117	46	265	125	137	187	4		

## Haukiputaan ajopaneelin tulokset (kesä)

## Sukupuoli:

Nainen 3  
Mies 7

## Pyörä:

Tavallinen 7  
Maastop. 2  
Kilpap. 1

## Pyöräilee:

Päivittäin 9  
Viikoittain 1  
Harvemmin 0

ARV. OSUUS	Kuntotaso					Onko hyv. kunnossa		Pisteitä alentava tekijä			Piste- määrä	Hyv. %
	1	2	3	4	5	Kyllä	Ei	E	V	E ja V		
1				7	3	10		5	2		4.3	100.0
2				6	4	10		4	2		4.4	100.0
3		2	4	4		7	3	3	6		3.2	70.0
4				8	2	10		4	4		4.2	100.0
5			2	7	1	10		6	2		3.9	100.0
6		5	5			2	8	5	4		2.5	20.0
7		2	7	1		7	3	1	9		2.9	70.0
8				7	3	10		2	5		4.3	100.0
9			6	4		9	1	5	4		3.4	90.0
10				6	4	10		1	5		4.4	100.0
11					10	10					5.0	100.0
12					10	10					5.0	100.0
13				6	4	10		5	1		4.4	100.0
14				2	8	10		1	1		4.8	100.0
15					10	10					5.0	100.0
16		3	5	2		6	4	1	8		2.9	60.0
17		6	3	1		6	4	4	6		2.5	60.0
18				7	3	10		4	3		4.3	100.0
19				8	2	10		6	2		4.2	100.0
20		1	8	1		8	2	2	8		3.0	80.0
21	4	3	3			1	9	1	8		1.9	10.0
22	7	1	2			1	9	3	6		1.5	10.0
23	6	3	1			0	10	1	8		1.5	0.0
24	1	3	4	2		6	4	2	8		2.7	60.0
25				8	2	10		3	5		4.2	100.0
26	1	5	3	1		4	6	2	8		2.4	40.0
27		1	8		1	9	1	4	5		3.1	90.0
28				6	4	10		4	2		4.4	100.0
29			1	7	2	10		4	4		4.1	100.0
30				5	5	10		4	1		4.5	100.0
31				1	9	10		1			4.9	100.0
32			2	7	1	10		5	4		3.9	100.0
33					10	10					5.0	100.0
34				8	2	10		6	2		4.2	100.0
Yht.	19	35	64	122	100	276	64	99	133	0		



## Oulun vauriosumma

Osuus	Poikkihalkeamat (kpl)			Pituushalkeamat (m)			Muut vauriot (m2)		Reuna- painu- ma	Poikki- sauma	Pituus	vs/100
	Pakkas- katkot	Kapea	Leveä	Hius	Kapea	Leveä	Verkko- halkeama	Reikä				
1	0	1	2		6	28	1				180	11.3
2	1	2	2			83	13	3		3	160	38.9
3	2	3	3		84	244	37	2		2	290	65.3
4	1	3	2		31	53	44	1		4	190	44.6
5	3	4	2		33	10	4			4	150	16.1
6	1	2	7		33	20	9	3		1	140	30.4
7	1	2	3	9							170	4.4
8	1	4	3		51	68	25	2			120	68.0
9	2	5	7		73	50		3			230	26.6
10	1	2	3		53			1			110	18.7
11	2	4	0		87	21	65	12	59		220	51.3
12	8		1		5			1			210	2.9
13	2	2	1	3	1			2			120	5.2

## Haukiputaan vauriosumma

Osuus	Poikkihalkeamat (kpl)			Pituushalkeamat (m)			Muut vauriot (m2)		Reuna- painu- ma	Poikki- sauma	Pituus	vs/100
	Pakkas- katkot	Kapea	Leveä	Hius	Kapea	Leveä	Verkko- halkeama	Reikä				
1		9			268	161			160		180	85.7
2	1		2		103	106	15	1	103		140	70.0
3		7	4		203	290	90		262		290	102.4
4					330	4	6		180		90	100.6
5	6	6	1	3				1			250	3.7
6		2	6		260	99					120	104.2
7	1	10	2		205	12					130	52.3
8		12	5					1			280	6.3
9	1	11			34		13			3	200	15.0
10			1				2		4		30	11.7
30		2	4			1					90	8.9
31	1										190	0.2
32		3	3			3		1			120	7.7
33								1			250	0.4
34			3			3					120	5.0

## Haukipudas (kesä)

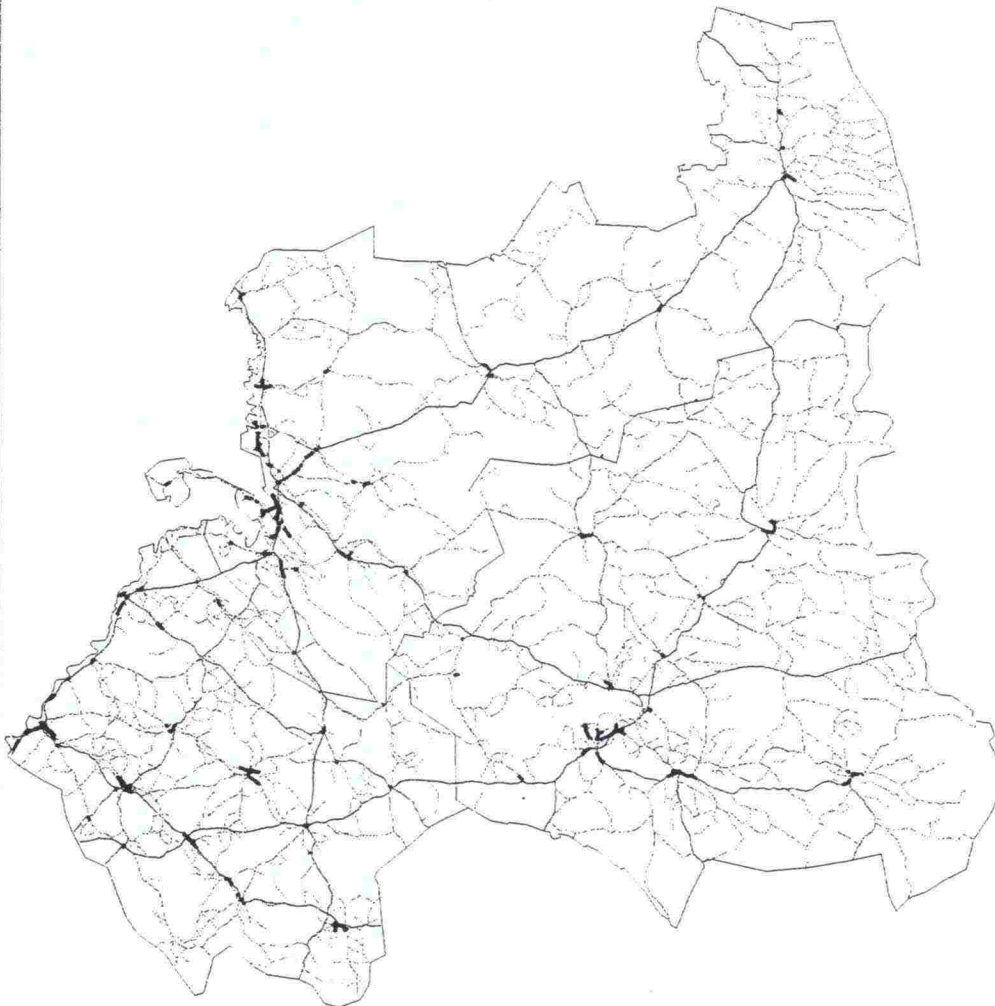
Osuus	Poikkihalkeamat (kpl)			Pituushalkeamat (m)			Muut vauriot (m2)		Reuna- painu- ma	Poikki- sauma	Pituus	vs/100
	Pakkas- katkot	Kapea	Leveä	Hius	Kapea	Leveä	Verkko- halkeama	Reikä				
1	4	4		3							110	7.4
2	3	3	1		7						80	14.9
3	7				2			4			90	7.9
4	8		1								170	3.2
5			2		6						130	6.9
6			2		1	18		4	126		60	47.5
7		2			86						110	41.8
8		1		7	10						80	10.8
9	1	1						2	240		110	3.5
10	2	1									70	3.0
11	1										110	0.3
12		1									70	2.1
13	1	1			15			1			70	14.7
14		1						1			300	0.8
15	2				5			1			110	3.7
16	1	1			183	59					220	69.2
17	1	4	2		96	29					90	99.2
18	1	1	4		23						110	23.0
19	3	4	2		4						140	10.6
20	4	2			54						70	44.6
21		9			268	161			160		180	171.4
22	1		2		103	106	15	1	103		140	128.4
23		7	4		203	290	90		262		290	173.8
24					330	4	6		180		90	194.4
25	6	6	1	3				1			250	6.3
26		2	6		260	99					120	208.3
27	1	10	2		205	12					130	104.5
28		12	5					1			280	12.1
29		3	3		11	3					110	20.0
30		2	4			1					90	17.8
31	1										190	0.2
32		3	3			3		1			120	14.6
33								1			250	0.4
34			3			3					120	10.0

## Tilastokäsittelyssä käytetty tiedosto

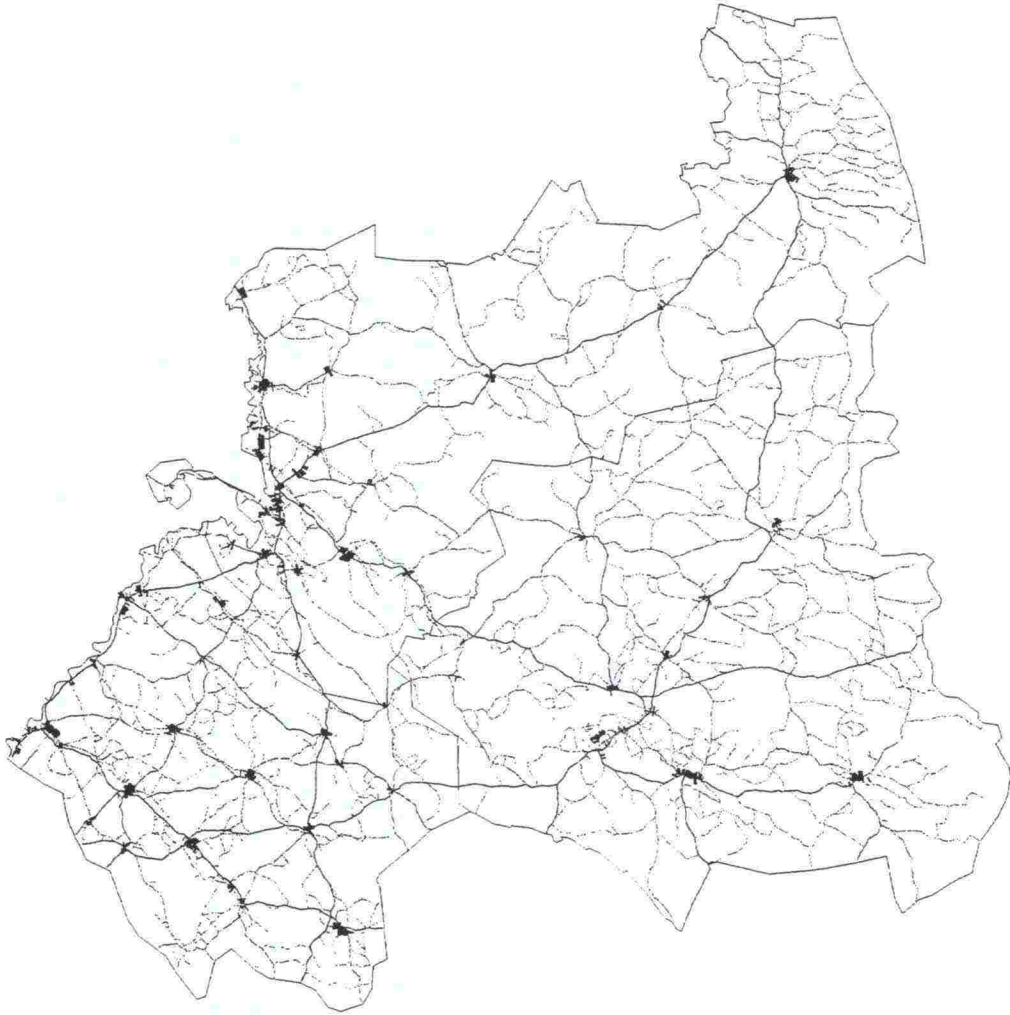
	Osuus	Vaurio-	Pisteet	7.85	5.55	3.92	2.78	1.96	1.39	0.98	0.69	0.49	0.35	0.25	0.17
	summa														
1	7.4	4.3	1672	720	518	310	324	304	185	186	188	161	110	20	
2	14.9	4.4	450	313	147	234	357	239	171	222	210	147	88	21	
3	7.9	3.2	225	254	204	341	312	318	185	242	195	215	130	34	
4	3.2	4.2	142	166	106	128	146	146	127	190	189	171	122	32	
5	6.9	3.9	93	113	127	95	146	187	185	290	173	190	118	35	
6	47.5	2.5	370	455	300	246	326	423	288	403	318	309	260	68	
7	41.8	2.9	150	314	275	298	381	483	340	371	325	313	193	54	
8	10.8	4.3	316	353	202	279	297	366	229	253	252	243	144	41	
9	3.5	3.4	165	217	288	239	367	476	314	286	264	199	127	45	
10	3.0	4.4	228	181	114	175	236	201	174	191	158	151	101	29	
11	0.3	5.0	93	68	93	127	167	182	109	153	125	117	82	15	
12	2.1	5.0	360	124	118	103	140	183	153	180	189	158	89	19	
13	14.7	4.4	283	275	311	229	293	324	190	253	191	173	123	63	
14	0.8	4.8	239	115	111	109	157	113	124	165	129	118	81	22	
15	3.7	5.0	498	358	72	85	136	109	125	195	152	127	81	18	
16	69.2	2.9	254	102	150	130	257	232	152	177	185	165	111	30	
17	99.2	2.5	218	208	223	249	303	333	284	319	281	294	180	65	
18	23.0	4.3	179	222	130	139	162	198	152	228	218	214	145	40	
19	10.6	4.2	170	136	116	120	224	271	214	221	208	198	130	35	
20	44.6	3.0	583	206	140	269	374	232	202	251	261	249	172	47	
21	171.4	1.9	186	169	257	380	393	417	278	356	322	347	202	56	
22	117.7	1.5	88	199	309	503	564	496	299	419	319	284	183	61	
23	147.6	1.5	255	185	219	259	375	350	259	339	384	304	199	60	
24	194.4	2.7	104	251	187	207	201	235	134	269	235	196	137	35	
25	6.3	4.2	96	74	101	111	190	220	181	217	185	181	129	35	
26	208.3	2.4	228	150	184	334	375	302	221	290	306	320	179	51	
27	104.5	3.1	169	124	139	263	295	285	231	273	299	303	189	51	
28	12.1	4.4	57	64	76	69	111	112	126	184	143	150	116	29	
29	20.0	4.1	83	143	241	214	250	191	174	248	242	197	124	43	
31	0.2	4.9	56	50	86	82	142	115	140	204	170	210	90	25	
32	14.6	3.9	100	154	151	138	223	257	224	301	238	222	136	39	
33	0.4	5.0	55	80	97	81	106	115	93	137	126	126	82	23	
34	10.0	4.2	130	156	177	228	367	338	293	322	312	304	187	58	



**TIEREKISTERI**  
 23.10.1996  
 Kevyen liikenteen väylä  
 — ppjk



**Kevyen liikenteen väylien PMS- 95**  
 Kevyen liikenteen väylät  
 — Kuntoalitukset







## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 34/1996 Sitomattomien materiaalien moduulit; Täydentävien kuormituskokeiden tulokset, Osa 1. TIEL 3200402
- 35/1996 Havaintoteiden asfalttipäällysteiden moduulit. TIEL 3200403
- 36/1996 Eriste- ja kevennysmateriaalien routakestävyys; Palaturve. TIEL 3200404
- 37/1996 Koerakennekohteiden materiaalien routakestävyys; Pohjoiset kohteet TIEL 3200405
- 38/1996 Rakenneratkaisujen alustava suunnittelu ja kehittäminen. TIEL 3200406
- 39/1996 Pilari- ja massastabiloinnin tuotantotekniikka. TIEL 3200407
- 40/1996 Suurten liikennehankkeiden vaikutus kaupunkien kehitykseen. TIEL 3200408
- 41/1996 Yleisten teiden ympäristön tila - maisema. TIEL 3200409
- 42/1996 Yleisten teiden ympäristön tila; Tiepiirien tilaselvitysten yhteenveto. TIEL 3200410
- 43/1996 Tielaitoksen ympäristöraportti 1995; Vuosiraportti Tielaitoksen toiminnan ympäristönäkökohdista. TIEL 3200411
- 44/1996 Sitomattomien materiaalien moduulit; Muutosmoduulin arviointi karkearakeisilla kiviaineksilla, Osa 2. TIEL 3200412
- 45/1996 Eurooppatie E18-hankkeen ympäristöpoliittinen analyysi. TIEL 3200413
- 46/1996 LD-teräskuona tienrakennusmateriaalina. TIEL 3200414
- 47/1996 Kaksikaistaiset kiertoliittymät. TIEL 3200415
- 48/1996 Tien rakenteellisten hidastimien vaikutus ajokäyttäytymiseen. TIEL 3200416
- 49/1996 Tienpidon ympäristöhaasteet ja Tielaitoksen toimintalinjat; Tielaitoksen ympäristövuoden juhlaseminaari. TIEL 3200417
- 50/1996 Suomen, Ruotsin ja Norjan liikenneturvallisuuden vertailu. TIEL 3200418
- 51/1996 Autoton kaupunki? Maankäytön ja liikenteen selvityksiä. TIEL 3200419
- 52/1996 Elinkeinoelämän tiekuljetukset Suomessa. TIEL 3200420
- 53/1996 Erikoiskovabitumistabilointikokeilut. TIEL 3200421
- 54/1996 E18 suunnitteluperiaatteiden kehittäminen; Tiemiljö. TIEL 3200422
- 55/1996 E18 suunnitteluperiaatteiden kehittäminen; Liikenteenohjaus. TIEL 3200423
- 56/1996 E18 suunnitteluperiaatteiden kehittäminen; Tienvarsipalvelut. TIEL 3200424
- 57/1996 Kiviaineksen raemuodon vaikutus päällystekiviaineksen kulutuskestävyyteen. TIEL 3200425
- 58/1996 En jämförelse av trafiksäkerheten i Finland, Sverige och Norge. TIEL 3200418R
- 59/1996 Kestävä kehitys alueellisessa kehittämistyössä. TIEL 3200426

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-726-277-9  
TIEL 3200427